

*Міністерство освіти і науки України  
Сумський державний університет  
Азадський університет  
Каракалтакський державний університет  
Київський національний університет технологій та дизайну  
Луцький національний технічний університет  
Національна металургійна академія України  
Національний університет «Львівська політехніка»  
Одеський національний політехнічний університет  
Сумський національний аграрний університет  
Східно-Казахстанський державний технічний  
університет ім. Д. Серікбаєва  
ТОВ «НВО «ПРОМІТ»  
Українська асоціація якості  
Українська інженерно-педагогічна академія  
Університет Барода  
Університет ім. Й. Гуттенберга  
Університет «Politechnika Świętokrzyska»  
Харківський національний університет  
міського господарства ім. О. М. Бекетова  
Херсонський національний технічний університет*

## **СИСТЕМИ РОЗРОБЛЕННЯ ТА ПОСТАВЛЕННЯ ПРОДУКЦІЇ НА ВИРОБНИЦТВО**

Матеріали I Міжнародної науково-практичної  
конференції

(м. Суми, 17–20 травня 2016 року)

Сайт конференції: <http://srpv.sumdu.edu.ua>.

Суми  
Сумський державний університет  
2016

Виходячи з отриманих результатів міцності на стиск у віці 28 доби, можна стверджувати, що введення вапна і гіпсу у співвідношенні 1:1; 2,5:1; 1:1,8; 1: 2,5 відповідно, збільшують показники у відповідності до контрольних зразків.

Таким чином отримані результати підтверджують ефективність використання гіпсу у суміші з вапном, для підвищення міцності цементного каменю.

### **Список літератури**

1. Гусев Н. И. Организационные регламенты строительных работ [Текст] / Н. И. Гусев, А. В. Пресняков, М. В. Кочеткова и др. // – Пенза: ПГУАС, 2008. – 179с.
2. Михайлов И. В., Бейлина М. И. Напрягающий цемент для преднапряженных конструкций // Бетон и железобетон. - 1987. - № 9. - С. 7 - 8.

## **ПРОГРЕСИВНІ МЕТОДИ ПОВЕРХНЕВОГО ЗМІЦНЕННЯ ВАЛІВ-ШЕСТЕРЕН**

*Говорун Т. П., доцент кафедри ПМ та ТКМ СумДУ  
Сметанін Р. С., студент СумДУ, гр. МТм-51  
Сітало С. О., студентка СумДУ, гр. МТ-21  
Коваленко Н. Г., студентка СумДУ, гр. МТз-11с*

Актуальними в даний час є питання підвищення надійності і довговічності машин, приладів, установок, підвищення їх якості та ефективності роботи, питання економії металів, боротьби з корозією і зносом деталей машин. Як правило, поверхневі шари деталі піддаються найбільш сильному механічному, тепловому, хімічному та іншим видам впливу. Втрата виробом, таким як вал-шестерня, працездатності відбувається з поверхні в результаті зношування, ерозії, сколювання зубів і т.д., а це може привести до відмови роботи машини чи механізму в цілому.

Вал-шестерня працює в умовах дії радіального знакозмінного зосередженого навантаження, осьового навантаження, крутного моменту і служить для підтримки обертових деталей і передачі моменту обертання з одного вала на інший. Основним критерієм її працездатності є: контактна витривалість, витривалість при вигині, стійкість до зношування і заїдання. Різні умови роботи вала-шестерні вимагають різних матеріалів для їх

виготовлення. Найважливішими властивостями матеріалу є твердість і міцність. В основному ці властивості ми отримуємо в результаті термічної обробки. Правильне проведення термічної обробки деталі позначається на її експлуатації. Змінити властивості поверхні можна різними способами: нанесенням на поверхню нового матеріалу з необхідними властивостями та зміною складу поверхневого шару металу. У другому випадку поверхневі шари металу піддають дифузійній хіміко-термічній обробці (ХТО), в результаті якої на поверхні виробу утворюється новий, що відрізняється від серцевини, сплав. Застосування способів ХТО матеріалів дозволяє отримати в поверхневому шарі виробу сплав практично будь-якого складу і, отже, забезпечити комплекс необхідних властивостей - фізичних, хімічних, механічних, експлуатаційних та інших.

Основними матеріалами для зубчастих коліс і валів-шестерен служать вуглецеві і леговані сталі [1] завдяки високим механічним характеристикам, здатності до зміцнення і легкості отримання циліндричних заготовок прокаткою. Вибір марки сталі та методу її зміцнення для валів-шестерен залежить від ступеня їх навантаженості: мало- і середньонавантажені виготовляють із безнікелевих сталей – 20Х, 18ХГТ, 25ХГТ, 30ХГТ, 20ХГР та із малонікелевих – 20ХГНМ, 19ХГН, 20ХНМ, 20ХНР, 20ХГНР – сталей; важконавантажені – із більш легованих сталей – 12ХН3А, 20ХН3А, 15ХГН2ТА, 15Х2ГНТРА, 20ХГН2ТА, 25Х2ГНТА; в одиничному і дрібносерійному виробництві – із поліпшуваних сталей 40, 45, 50Г, 40Х, 30ХГС, 50Х, 50ХН; шестерні великих діаметрів виготовляють литими з сталей 35Л-50Л, 40ХЛ, 30ХГСА.

При виборі матеріалу для виготовлення деталей за кресленнями замовника необхідно враховувати механічні характеристики після термічної обробки, ціну і дефіцитність легуючих добавок сталі і її загальну вартість.

Для додання зубцям більшої твердості і зносостійкості вали-шестерні піддають зміцненню за допомогою цементації, нітроцементації, азотування [2] або нанесення зносостійких покриттів.

Цементация – вид хіміко-термічної обробки з метою поліпшення характеристик міцності властивостей і зносостійкості металевих виробів. В процесі цементації відбувається насичення поверхні сталі атомами вуглецю. В результаті підвищується твердість поверхневого шару металу виробу, а внутрішня структура при цьому зберігає вихідну в'язкість. Зміцнювальна обробка валів-шестерень включає: цементацію при 900-930 °С, гартування від 800-850 °С в маслі (або із цементаційного нагріву) і низький відпуск при 170-200 °С. Товщина зміцненого шару звичайно приймається рівної 0,15

товщини зуба по початковій окружності, але не більше 1,8 мм. Твердість поверхні 58-63 HRC – для забезпечення високої контактної витривалості і зносостійкості без крихкого руйнування. Твердість серцевини зубів зазвичай 30-42 HRC, із її підвищенням зростає межа міцності і витривалості при вигині та контактна витривалість зубчастих коліс. Твердість серцевини складає 42-45 HRC; при більшому значенні збільшується небезпека крихкого руйнування, а його зниження – сприяє розвитку пластичної деформації в тілі зуба і, отже, руйнування зміцненого шару.

Нітроцементациєю називають процес дифузійного насичення поверхневого шару сталі одночасно вуглецем і азотом при 860 – 880 °С в газовому середовищі, що складається із навуглецьового газу та аміаку. Основне призначення нітроцементациї – підвищення твердості і зносостійкості сталевих виробів. Товщина нітроцементованого шару зазвичай 0,2 – 0,8 мм і не повинна перевищувати 1,0 мм. При великій товщині шару в ньому утворюється темна складова та інші дефекти, що знижують механічні властивості сталі. Після нітроцементациї треба провести гартування або безпосередньо з печі із підстуживанням до 800 – 825 °С, або після повторного нагрівання. Після гартування проводять відпуск при 180–200°С. При оптимальних умовах насичення структура нітроцементованого шару повинна складатися із дрібнокристалічного мартенситу, невеликої кількості дрібних, рівномірно розподілених карбонітридів і залишкового аустеніту. Твердість шару після гартування і низького відпуску 58 – 64 HRC.

Азотування – це технологічний процес ХТО, при якому поверхню різних металів або сплавів насичують азотом в спеціальному азотованому середовищі. Азотуванню, як і цементациї, піддають деталі, що працюють на знос і сприймають знакозмінні навантаження. Поверхневий шар виробу, насичений азотом, має у своєму складі розчинені нітриди і набуває підвищеної корозійної стійкості і найвищої мікротвердості. Так, для вала-шестерні зі сталі 30ХГТ азотування проводять протягом 20-30 годин. Деталі з вуглецевої і низьколегованої сталі азотують для збільшення опору корозії. Твердість азотованої поверхні у них не перевищує HV 250-300. Леговані сталі з вмістом хрому, нікелю, алюмінію і молібдену після азотування мають поверхневу твердість HV 850-1200. Це досягається за рахунок утворення дрібнодисперсних нітридів на поверхні деталі (хімічних сполук азоту з елементами AlN, CrN, Cr<sub>2</sub>N, MoN). Зазвичай азотуванню піддають конструкційні сталі, що містять алюміній - 38Х2МЮА, 38Х2Ю й не містять алюмінію - 40Х, 40ХФ, 18ХГТ, 30ХГТ, 40ХНМА, 20Х3ВА, 30Х3МФ, 18Х2Н4ВА. Сталі без алюмінію технологічніші, багато з них мають більш

високі механічні властивості, ніж сталь 38Х2МЮА, але знижену твердість азотованого шару. Товщина насиченого азотом дифузійного поверхневого шару сталі складає 0,3 – 0,6 мм. Азотування дозволяє підвищити показники зносостійкості з одночасним зниженням схильності до втомних порушень структури металу. Отримання необхідних поверхневих властивостей визначається співвідношенням глибини і складу дифузійного та нітридного шарів.

Але технологія процесів ХТО має ряд істотних недоліків - велику тривалість процесів дифузійного насичення, необхідність додаткових операцій термічної обробки для усунення небажаних результатів попередньої обробки. Тому для вирішення поставленої проблеми можливе використання при ХТО режимів термоциклічної обробки (ХТЦО) [3].

Застосування термоциклічної обробки (ТЦО) при цементації, нітроцементації [4] та азотуванні дозволяє зменшити жолоблення виробів, підвищити ударну в'язкість і втомну міцність сталі, істотно скоротити тривалість термічної обробки і т. д. При використанні ХТО із ТЦО можливо без шкоди для остаточних властивостей збільшити температуру дифузійного насичення сталі вуглецем, азотом або ними одночасно. Підвищення температури ХТО дозволяє скоротити тривалість обробки в 1,2-2 рази, і при цьому поліпшити якість поверхневого шару і перехідної зони.

### Список літератури

1. Гуляев А. П. *Металловедение: учебник для вузов, 6-е изд., перераб. и доп.* / А. П. Гуляев – М.: *Металлургия*, 1986. - 544 с.
2. Лахтин Ю. М. *Металловедение и термическая обработка металлов: учебник для металлургических специальностей, 3-е изд.* / Ю. М. Лахтин. – М.: *Машиностроение*, 1983. – 359 с.
3. Федюкин В. К. *Термоциклическая обработка металлов и деталей машин* / В. К. Федюкин, М. Е. Смагоринский – Л: *Машиностроение*, 1989. – 255 с.
4. Пчелінцев В. О. *Термоциклічна обробка вала зі сталі 40Х відцентрового насоса типу НКВ* / В. О. Пчелінцев, Т. П. Говорун, В. М. Раб, Х. В. Берладір // *Вісник Сумського державного університету, серія: Технічні науки.* – Суми: *СумДУ*, 2012. – №4. – С. 123-132.