

10TH INTERNATIONAL CONFERENCE



«X UKRAINIAN-POLISH
SCIENTIFIC DIALOGUES»

11-15 June 2024



**ACTUAL PROBLEMS
OF MODERN SCIENCE**



Khmelnitsky | Bydgoszcz

УДОСКОНАЛЕННЯ РЕЖИМІВ ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ КОРПУСНИХ ДЕТАЛЕЙ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

*Дробот О.С., Нестер А.А., Нікітін О.О. Підгайчук С.Я., Яворська Н.М.
Хмельницький національний університет, Україна*

Анотація. Війна розв'язана Російською державою проти незалежної України поставила нові складні задачі суспільству з виробництва та виконання ремонту пошкодженої військової техніки. В умовах нестачі військової техніки виконання ремонтів стає задачею, яку необхідно виконувати швидко та якісно для поповнення збройних сил держави.

Технічне переозброєння армії, бойові дії на Сході України вимагають від держави уважного ставлення та розвитку військово - промислових виробництв, здатних відремонтувати та виготовити зразки сучасного надійного озброєння.

В таких скрутних умовах повинні застосовуватись методи прогресивних та обладнання швидкісних обробок. Проте нові виробництва, на жаль, ще не в достатній мірі оснащені сучасним обладнанням, матеріалами та технологіями для виготовлення якісної продукції, що відповідає нормативним вимогам. Для задоволення цих вимог для виготовлення деталей з високими експлуатаційними властивостями необхідно впроваджувати у виробництво нові матеріали та сучасні технології їх обробки.

Матеріали для корпусних деталей вогнепальної зброї за своїми характеристиками задовольняють вимогам нормативних документів. Однак, недосконалість технологічних процесів виготовлення з них заготовок та подальше зміцнення вже готових виробів вимагає суттєвого покращення.

Основними способами зміцнення деталей машин є термічна обробка деталей, хіміко-термічна обробка (цементация, азотування, нітроцементация), поверхневе пластичне деформування, нанесення електродіодних покриттів та поверхневе гартування – лазерне та індукційне з використанням струму високої частоти. Процеси термічної обробки деталей є простими і в ремонтному виробництві у військовий час можуть стати актуальними. Сучасні мобільні ремонтні майстерні віддають перевагу обладнанню та інструментам, які не є металоємкими та здатні виконувати технологічні процеси за відносно короткий проміжок часу. Найдоцільнішим в даний час є впровадження технологічних процесів з невеликим об'ємом та переліком допоміжних пристосувань та установок.

Робота присвячена пошуку режимів термічної обробки деталей з середньо вуглецевих легованих сталей для формування підвищеної в'язкості та міцності.

Ключові слова: Термічна обробка, структура, охолоджуюче середовище.

Вступ.

Активізація військових подій на Сході України змусили керівництво країни ставити питання відновлення роботи військово - промислового комплексу для налагодження ремонту та випуску вітчизняного озброєння. Проте нові виробництва, на жаль, не в достатній мірі оснащені сучасним обладнанням, матеріалами та технологіями для виготовлення якісної продукції, що відповідає нормативним вимогам. Тому питанням підвищення якості військової техніки шляхом покращення експлуатаційних властивостей корпусних деталей спеціального призначення за рахунок удосконалення режимів термічної обробки зараз приділяють значну увагу.

Виклад основного матеріалу.

Предметом досліджень - є удосконалення режимів термічної обробки елементів зарядного (пускового) механізму, який має недостатній ресурс роботи.

Задача і мета досліджень: провести аналіз існуючої технології термічної обробки елементів пускового механізму вогнепальної зброї, розробити режими відпалу та гартування, які б забезпечили формування заданої структури з необхідними високими показниками міцності.

На рис.1 показані фрагменти зруйнованих елементів зарядного (пускового) механізму гармати.

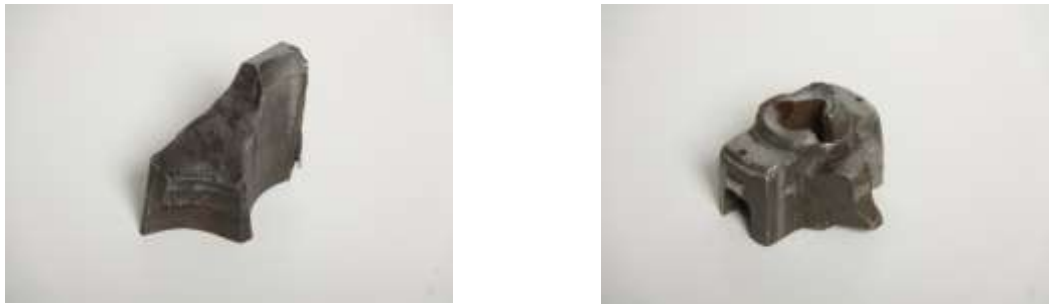


Рис.1. Фрагменти зруйнованих елементів зарядного (пускового) механізму гармати

Сталі для елементів вогнепальної зброї переважно легують хромом, нікелем, молібденом, ванадієм та піддають термічній обробці для покращення властивостей - гартуванню і високому відпуску.

Дослідженням були піддані зруйновані елементи зарядного (пускового) механізму гармати. В ході досліджень визначено хімічний склад зразків та виконано мікроструктурний аналіз. Дослідження дозволило зробити висновок, що для виготовлення деталей використана сталь марки 35ХН2МФА, яка застосовується для виготовлення валів, цільнокованих роторів, дисків, деталей редукторів, болтів, шпильок та інших відповідальних деталей турбін [1].

В процесі досліджень з'ясовано, що на виробництво деталей використовуються заготовки та листовий прокат, які постачаються з важливими структурними недоліками, які в значній мірі впливають на формування експлуатаційних властивостей готових виробів: це насамперед строкатість, яка є наслідком попередніх технологічних процесів таких як прокатування, витяжка, термічна обробка, а також знеуглецювання поверхневого шару різної товщини.

На рис.2 представлена структура сталі 30ХГСА в стані постачання.

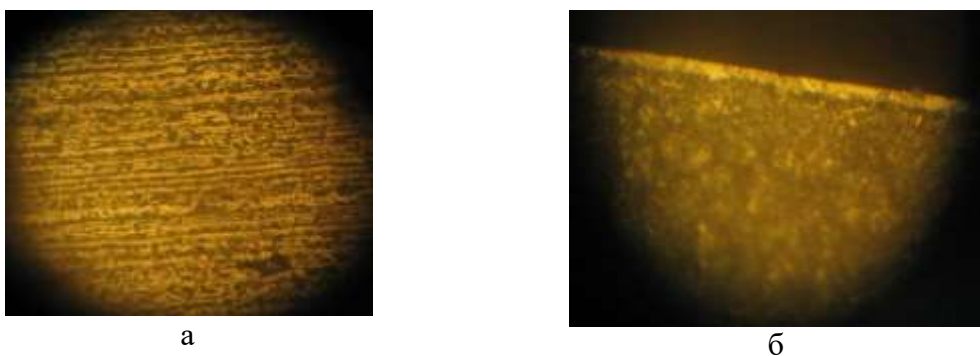


Рис.2. Структура сталі 30ХГСА в стані постачання (а) та поверхня із знеуглецюваним шаром (б)

Наявність цих дефектів не дає можливості одержати деталі з високими експлуатаційними властивостями. Причини утворення строкатості закладені на стадії одержання сталі (наявності сильної первинної ліквациї). Ліквация проявляється як неоднорідний розподіл супутніх домішок (в литих металах) або легуючих елементів і домішок (у ливарних сплавах). Зумовлюється відтисненням хімічних елементів у рідку

фазу рухомим фронтом кристалізації. На формування цієї структури впливає також термічна обробка. Так, при проведенні відпалу повільне охолодження від температури аустенізації сприяє тому, що виділення доєвтектоїдного фериту орієнтуються по зонам ліквідації, які витягнуті в напрямку деформації. Строкатість дуже сильно впливає на механічні властивості сталі, особливо на ударну в'язкість, яка є чутливою до гетерогенності структури. Термічно оброблені згідно прийнятої на заводі технології деталі зберігають строкатість структури (рис.3). Це свідчить про те, що усунути строкатість традиційним гартуванням та високим відпуском неможливо [2].

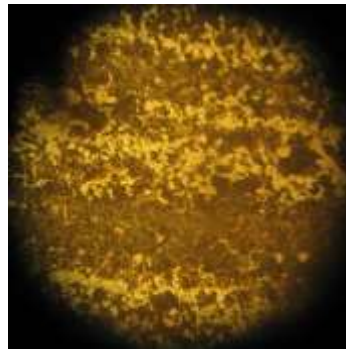


Рис. 3. Строката структура сталі після гартування за традиційною технологією

Тому у технологічний процес термічної обробки заданих деталей внесено операції дифузійного відпалу та нормалізації. Дифузійний відпал проведено за режимом: t нагрівання 1100°C , витримка 3 години, охолодження з піччю. Нормалізація - температура нагрівання 860°C з метою не допустити значного росту зерна аустеніту та одержання після охолодження більш дрібнозернистої структури. Проведення вищеописаної обробки (дифузійного відпалу та нормалізації) забезпечило усунення строкатості та подрібнення структури (фото 4). Структура характеризується рівномірним розподілом структурних елементів [3].

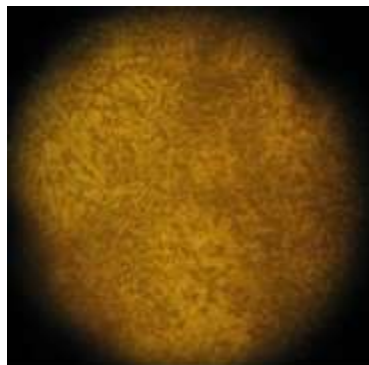


Рис. 4. Структура сталі 35ХН2МФА після термічної обробки за запропонованим режимом

Значна увага авторами приділена вивченню процесу охолодження при виконанні операції гартування. Для гартування зразків використано водорозчинне полімерне охолоджуюче середовище ПК -2. Основою водополімерного середовища є полімер акрилової кислоти (ПАК). Вихідний полімер одержують у вигляді концентрованого водного розчину з водневим показником середовища рН в межах 7-10. Робочий розчин розводять водою у співвідношенні 1:7.

Завдяки використанню нових охолоджуючих середовищ на основі полімерної складової та використання швидкісної відео зйомки, вдалось скорегувати етап охолодження при виконанні операції гартування для отримання кращих результатів. Одержані після гартування структури мають більш дрібнозернисту структуру і вищі показники міцності. Показники твердості сталі після гартування наведені в табл.1.

Табл. 1. Твердість сталей після гартування в різних середовищах.

Марка сталі	Твердість HRC			
	Охолоджуюче середовище ПК -2.			
	Масло		Водополімерна суміш ПК -2	
	На поверхні	В серцевині	На поверхні	В серцевині
35ХН2МФА	52, 54, 52	40, 42, 44	54, 56, 56	42, 44, 46

Після гартування та охолодженні в водополімерній суміші ПК -2 досягнута ударна в'язкість в маслі 112 Дж/см² та в полімері 118 Дж/см². Шорсткість поверхні складала Ra 1,6 мкм.

Процес гартування та охолодження фіксувався за допомогою швидкісної відео зйомки та представлений на рис. 5 [4].



а) момент плівкового кипіння



б) момент бульбашкового кипіння



в) момент конвективного теплообміну

Рис. 5. Поведінка охолоджуючого водополімерного ПК -2 середовища при охолодженні в ньому зразків сталі

Результати представлені в табл.1 та розшифровки відео (рис. 5) процесу гартування та охолодження при гартуванні, знятого з допомогою швидкісної відеозйомки дозволили зробити висновки, що використання в якості охолоджуючого середовища водополімерного розчину сприяє покращенню прогартуваності сталі та збільшенню твердості.

Структура сталі 35ХН2МФА після охолодження в різних середовищах наведена на рис.6, 7.

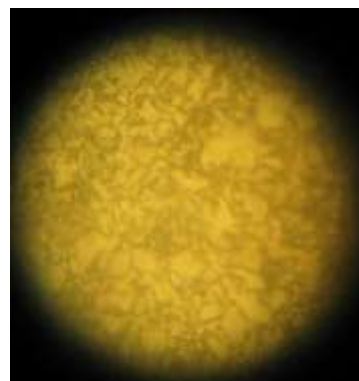


Рис.6. Структура сталі 35ХН2МФА після охолодження

в маслі

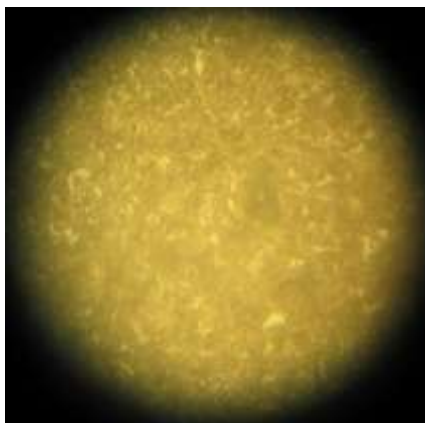


Рис.7. Структура сталі 35ХН2МФА після охолодження в полімері

Висновки

Одержані після гартування структури мають більш однорідну структуру з дрібними структурними складовими та вищі показники міцності (рис.6,7). При охолодженні у водополімерному розчині покращується загартуваність та прогартуваність сталі. Отже, водополімерні суміші є кращими охолоджуючими середовищами, ніж вода та масло, так як скорочується етап плівкового кипіння, а етап бульбашкового кипіння відбувається за активною дією полімера, який зриває парову сорочку з поверхні деталі, пришвидшуючи її охолодження.

Проведені експерименти дозволять внести корективи в технологічні процеси виконання термічної обробки елементів вогнепальної зброї з метою підвищення її експлуатаційних властивостей.

Література.

1. Криль Я. А., Геворкян Е. С., Луцак Д. Л. [2014]. Матеріалознавство. Сталь: класифікація, виробництво, споживання, маркування : навч. посіб. Львів : «Новий Світ -2000», 267 с.
2. Дробот О.С., Підгайчук С.Я., Боровик Л.В. [2019]. Технологія конструкційних матеріалів і основи матеріалознавства в технічних системах охорони державного кордону : навчальний посібник. Хмельницький : Видавництво НАДПСУ, 264 с.
3. Попович В.В., Кондир А.І., Плешаков Е.І. та ін [2009]. Технологія конструкційних матеріалів і матеріалознавство. Практикум: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. за напрямом «Інж. механіка»].— Львів : Світ,— 551 с.— ISBN 978-966-603-401-7
4. Ройзман В.П., Чоловський Р.Г., Нікітін О.О. [2002]. Спосіб безконтактного вимірювання параметрів вібрацій та визначення форми коливань об'єктів. Деклараційний патент на винахід. Бюл. № 8 від 15.08 2002.