

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ДЕТАЛЕЙ РОТОРА ЦЕНТРОБІЖНИХ КОМПРЕСОРІВ ЗІ СТАЛІ 34ХН1МА⁴

Мінаєв С.О., студент групи МС 31 – 21
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Анотація. Аналіз методів вхідного та кінцевого контролю деталей ротора центробіжних компресорів К-250 та оптимізація режиму термічної обробки деталей, виготовлених з конструкційної сталі мартенситного класу марки 34ХН1МА.

Ключові слова: деталі ротора, механічні властивості, структура, контроль якості

IMPROVING THE QUALITY OF ROTOR PARTS OF CENTRIFUGAL COMPRESSORS MADE OF 34KHN1MA STEEL

Minaev S., student of group MC 31 -21
Kharkiv National Automobile and Highway University

Annotation. Analysis of the methods of input and final control of rotor parts of K-250 centrifugal compressors and optimization of the heat treatment mode of parts made of structural steel of martensitic grade 34KHN1MA. English

Keywords: rotor details mechanical properties, structure, quality control.

Вступ

Контроль якості безпосередньо у ході виробництва продукції, виготовлення виробу та режимів його обробки проводиться за допомогою спеціальних технічних пристроїв. Застосування активного контролю дозволяє попереджати та виявляти брак на початкових стадіях та при виготовленні готових видів металопродукції.

Контроль на виході виробничої системи (підприємства і його підрозділів) має за основну мету попереджувати передачу бракованої продукції споживачу або на наступні технологічні фази (стадії) на тому ж підприємстві з наслідками, які витікають з цього. Окрім того, такий контроль дає можливість визначити ступінь виконання виробничих завдань та отримати позитивні економічні результати виробництва [1].

Аналіз публікацій

Ротор компресора призначений для стиснення і переміщення атмосферного повітря. Робочі оберти складають 10935 об/хв. Вал ротора зазнає крутіння та змінне вигинання, колеса зазнають велике динамічне навантаження за рахунок великих обертів. Також ротор зазнає у певні моменти праці вібрацію, яка може привести до руйнування коліс або вала.

У якості матеріалу для робочих коліс та валу застосовується вуглецева сталь з границею міцності 50–65 кг/мм² і відносним подовженням 23–19 % або леговані сталі. На ТОВ СНВФ "Хіммаш компресор-сервіс" надходять заготовки вала та коліс зі сталі 34ХН1МА згідно технічних умов ТУ НЗЛ 341-93, ТУ НЗЛ 342-89.

⁴ Робота виконана під керівництвом доцента Протасенко Т.О.

Мета вхідного контролю - встановлення відповідності якості готових виробів вимогам стандартів чи технічних умов, виявлення можливих дефектів. У даному випадку матеріал у стані постачання не відповідає вимогам нормативної документації за рівнем механічних властивостей та структурою. Тому було вирішено провести термічну обробку для досягнення відповідних показників міцності та пластичності з контролем всіх параметрів на різних стадіях виробництва.

Мета роботи і завдання

Мета роботи - розробка методів контролю деталей центробіжних компресорів К-250 на різних етапах виробництва та вибір режиму термічної обробки деталей ротора, виготовлених з конструкційної сталі мартенситного класу 34ХН1МА.

Для досягнення мети був проведений комплекс механічних досліджень зразків-свідків конструкційної сталі 34ХН1МА у вихідному стані та після поліпшення. На основі аналізу механічних та структурних досліджень зроблені висновки відносно якості металопродукції у стані постачання та готової деталі після термічної обробки. Визначалась ступінь забруднення сталі неметалевими включеннями, проводився ультразвуковий та капілярний контроль для виявлення поверхневих дефектів.

Матеріал і методи дослідження

Матеріал дослідження - зразки-свідки від кожної партії поковок зі сталі 34ХН1МА для металографічних досліджень та виготовлені стандартні зразки для механічних випробувань.

Хімічний склад сталі 34ХН1МА, з якої виготовляється вал ротора і робочі колеса, відповідає ТУ 24-1-12-179-75 (табл. 1).

Таблиця 1 – Хімічний склад сталі 34ХН1МА, %

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Mo	Cu
0,30 – 0,4	0,17 – 0,37	0,50 – 0,80	1,3 – 1,7	до 0,02 5	до 0,02 5	1,3 – 1,7	0,20 – 0,30	до 0,3

Для виконання поставленої мети оцінки якості деталей проводились наступні дослідження:

1. Хімічний аналіз.
2. Макроаналіз – візуальний огляд зовнішньої поверхні поковки.
3. Механічна обробка заготовок валу та коліс для проведення ультразвукового контролю.
4. Механічні випробування зразків, вирізаних із заготовки.
5. Мікроаналіз – металографічне дослідження зразків у нетравленому та травленому стані до та після термічної обробки..
6. Капілярний контроль якості після остаточної механічної обробки.

Результати дослідження

Проведені дослідження показали, що у стані постачання характеристики міцності сталі 34ХН1МА не відповідають вимогам: основні параметри міцності (границя міцності, границя текучості,) значно нижчі, ніж необхідно мати у цієї сталі згідно ТУ (табл. 2 і 3).

В ході макроскопічного аналізу дефектів, які порушують суцільність металу, або яких-небудь інших пороків виявлено не було.

Оцінювання забрудненості сталі неметалевими включеннями проводилось за «методом Ш» за п'ятибальною шкалою при збільшенні на мікроскопі $\times 100$. За вмістом неметалевих включень різного типу сталь відповідає вимогам ДСТУ ISO 4967:2017 (ISO 4967:2013, IDT). Як максимальний, так і середній бал не перевищено ні по одній позиції, а по деяким виявлена повна відсутність включень (наприклад, недеформовані сілікати, строчкові оксиди).

На рис. 1 наведений вигляд рядкового сульфїду, який відповідає 4 балу, Мікроструктура сталі 34ХН1МА наведена на рис. 2. Структура складається з фериту та перліту, причому кількість структурної складової – перліту - більша, ніж вільного фериту. Середній розмір перлітних колоній досить великий; ферит переважно розміщується по границям перлітних зерен. Така мікроструктура відповідає відпаленому стану сталі 34ХН1МА і характеризується невеликою міцністю.

Таблиця 2 – Механічні властивості, які необхідно мати деталям зі сталі 34ХН1МА згідно ТУ НЗЛ 341-93, ТУ НЗЛ 342-89 у стані постачання

Найменування деталей	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	Ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ, кгс/мм ²
Вал ротора	638	490	15	35	49	-
Робочі колеса	765	589	14	35	49	-

Таблиця 3 – Механічні властивості зразків-свідків з валу ротора і робочого колеса зі сталі 34ХН1МА у стані постачання

Найменування деталей	σ_b , МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	Ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ, кгс/мм ²
Вал ротора	594,7	467,9	25,5	31,4	322,8	229
Робочі колеса	611,2	476,1	25,8	25,2	229,8	237



Рисунок 1 – Неметалеві вкраплення у сталі 34ХН1МА (сульфїди, 4 бал), $\times 250$

Також на заготовках робочих колес та валу ротора була проведена ультразвукова дефектоскопія для виявлення внутрішніх дефектів. У процесі контролю дефекти, які перевищують допустимі норми згідно ГОСТ 24507-80, не знайдено.

Оскільки механічні властивості сталі 34ХН1МА не відповідають вимогам ТУ, вона була піддана термічній обробці за наступним режимом:

- гартування при температурі 860 °С, час витримування 1 година, середовище охолодження олива;

- відпуск при температурі 660 °С, час витримування 1.5 години, середовище охолодження повітря.

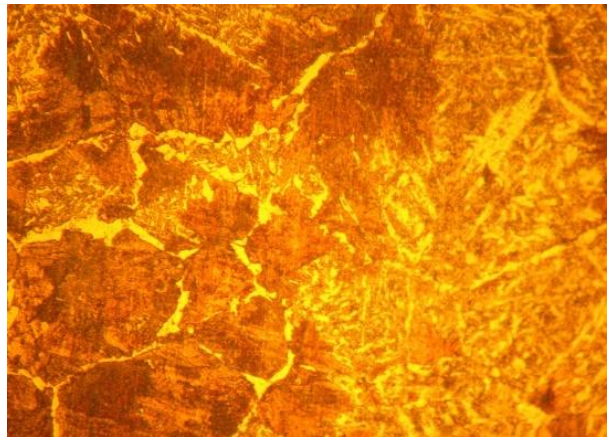


Рисунок 2 – Мікроструктура сталі 34ХН1МА у стані постачання, ×250

Після поліпшення проводився контроль структури і властивостей.

Термічна обробка позитивним чином вплинула на властивості сталі. Границя текучості збільшилась майже на 60 %, границя міцності на 50 % і перевищує показники, які необхідні від даної сталі (табл. 4). Твердість знаходиться у заданому інтервалі, а характеристики пластичності і опору динамічним навантаженням (відносно подовження, поперечне звуження, ударна в'язкість) теж вище необхідних згідно ТУ. Таким чином, даний режим термічної обробки є оптимальним і забезпечує отримання необхідних властивостей.

Таблиця 4 – Механічні властивості зразків-свідків з валу ротора і робочого колеса зі сталі 34ХН1МА після термічної обробки

Найменування деталей	σ_b , МПа	$\sigma_{0.2}$, МПа	δ , %	Ψ , %	КСУ, Дж/см ²	НВ, кгс/мм ²
Вал ротора	949,2	790.7	26,1	62.5	91.2	285
Робочі колеса	991.3	913.2	25.6	44.0	49.3	295

На рис. 3 наведена мікроструктура сталі 34ХН1МА після поліпшення. Сорбіт відпуску, який утворився після термічної обробки, має досить дисперсну будову і добре співвідношення міцності та пластичності. У такому стані матеріал піддається механічній обробці.

Після остаточної механічної обробки деталей була проведена капілярна дефектоскопія для виявлення поверхневих дефектів. В ході контролю дефектів, що порушують суцільність поверхні, не виявлено.

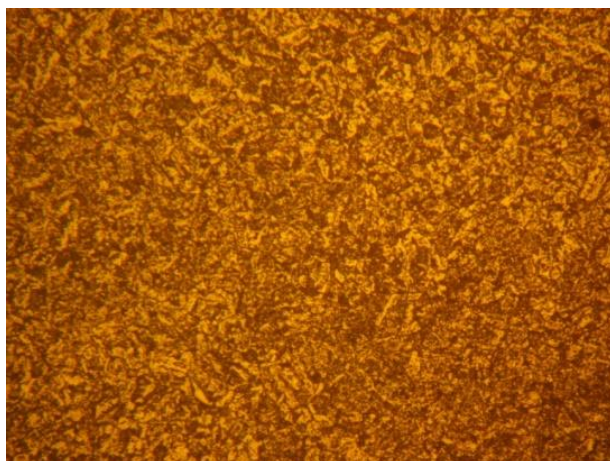


Рисунок 3 – Мікроструктура сталі 34XN1MA після термічної обробки, $\times 250$

Висновки

Проаналізувавши отримані експериментальні результати комплексного дослідження властивостей і структури сталі 34XN1MA в стані постачання та після термічної обробки, можна зробити наступні висновки:

1. Згідно з результатів вхідного контролю макроструктура і наявність неметалевих включень в сталі 34XN1MA відповідають вимогам.
2. У стані постачання механічні властивості сталі 34XN1MA нижче за потрібні згідно ТУ.
3. Мікроструктура сталі 34XN1MA у стані постачання відповідає відпаленому стану.
4. Запропонований режим поліпшення сталі 34XN1MA є оптимальним, і забезпечує механічні властивості, які перевищують показники, що зазначені в ТУ.
5. Проведення зміцнювальної термічної обробки деталей центробіжних компресорів К-250 за даним режимом не призводить до утворення поверхневих гартівних тріщин, що підтверджено контролем методом капілярної дефектоскопії.

Результати досліджень можуть бути використані на виробництві та у науково-дослідних роботах.

Література

1. Кузьменко Т.М. Роль вхідного контролю в управлінні якістю продукції. // Галузеве машинобудування. Том 32 (71), Ч. 2. № 1 2021. С.
2. ДСТУ ISO 9001:2009 (ISO 9001:2008, IDT). Системи управління качеством. Требования (43927).
3. ЗАКОН УКРАЇНИ «Про державний ринковий нагляд і контроль нехарчової продукції».
4. ДСТУ 9027:2020 «Системи управління якістю. Настанови щодо вхідного контролю продукції».
5. ДСТУ ISO 9001:2015 (ISO 9001:2015, IDT) «Системи управління якістю». Вимоги.
6. Загорюська В. В., студ., V курс, гр. ПВМ-3, ФЕМ, Біляк Т.О., ст. викл. кафедри економіки та підприємництва Житомирський державний технологічний університет УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПРОДУКЦІЇ. <https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2018/12/346.pdf>.

7. ISO 9000:2015 «Контроль якості» (quality control).
<https://askill.com.ua/blog/2019/08/12/kontrol-yakosti/>.
8. ДСТУ ISO 19011:2019 Настанови щодо проведення аудитів систем управління (ISO 19011:2018, IDT)
9. Должанський А. М., Максакова О. С., Черноіваненко К. О. та ін. Технічне регулювання та контроль на підприємстві : підручник / за ред. А. М. Должанського. – Дніпро : Свідлер А.Л., 2023. Т. 2 : Технології та дефекти продукції металургії. – 632 с.
<https://crust.ust.edu.ua/bitstreams/d0c75f11-88e5-433e-bf1c-1541e384b5a7/download>
10. Федоров Г. Є., Ямшинський М. М., Фесенко А. М. та ін. Контроль якості продукції в машинобудуванні : Навч. посіб. – Київ : ІВЦ „Видавництво «Політехніка»”, 2008. – 352 с.
<https://foundry.kpi.ua/wp-content/uploads/2020/05/fedorov-gye-kontrol-yakosti-produkciyi-v-mashynobuduvanni.pdf>
11. Куцова В. З., Федоркова Н. М. Експертиза матеріалів та металів : навч. посіб. – Дніпропетровськ : НМетАУ, 2015. – 51 с.
https://nmetau.edu.ua/file/kutsova_fedorkova_ekspertiza_materialov_metallov_ucheb_posobie_2015.pdf