

Тема 6 Магнітопорошковий контроль

Мета вивчення теми – здобуття загальних знань про магнітопорошковий контроль, його сутність та технологію проведення контролю.

План лекції:

6.1 Суть методу.

6.2 Етапи проведення контролю.

6.3 Обладнання та матеріали для магнітопорошкового контролю.

6.1 Суть методу

Магнітопорошковий метод відноситься до класу магнітних методів неруйнівного контролю, що застосовуються для контролю виробів із феромагнітних матеріалів, тобто. матеріалів, які здатні суттєво змінювати свої магнітні характеристики під впливом зовнішнього магнітного поля.

Магнітопорошковий контроль знайшов широке застосування в авіації, хімічному машинобудуванні, при контролі великогабаритних конструкцій, магістральних трубопроводів, суднобудуванні, на залізничному транспорті, автомобільній та багатьох інших галузях промисловості.

Магнітопорошковий метод контролю має високу продуктивність, наочність результатів контролю та високу чутливість. Даний метод призначений для виявлення поверхневих та під поверхневих (на глибині до 1,5...2 мм) дефектів типу порушення суцільності матеріалу виробу: тріщини, волосовини, розшарування, не проварювання стикових зварних з'єднань, заходів сонця тощо.

Суть методу така: магнітний потік у бездефектній частині виробу не змінює свого напрямку, якщо ж на шляху його зустрічаються ділянки зі зниженою магнітною проникністю, наприклад, дефекти у вигляді розриву суцільності металу (тріщини, неметалеві включення тощо), то частина силових ліній магнітного поля виходить з деталі назовні і входить до неї назад, при цьому виникають місцеві магнітні полюси (N і S) та, як наслідок, магнітне поле над дефектом. Так як магнітне поле над дефектом неоднорідно, то на магнітні частинки, що потрапили в це поле, діє сила, що прагне затягнути частки на місце найбільшої концентрації магнітних силових ліній, тобто до дефекту. Частинки області поля дефекту намагнічуються і притягуються один до одного як магнітні диполі під впливом сили, отже утворюють ланцюгові структури, орієнтовані по магнітним силовим лініям поля (рис.6.1).

Найбільша ймовірність виявлення дефектів досягається у разі коли площа дефекту становить кут 90° з напрямком поля, що намагнічує (магнітного потоку). Зі зменшенням цього кута чутливість знижується і при кутах, суттєво менших за 90° дефекти можуть бути не виявлені. Для оптимального виявлення дефектів при магнітопорошковому методі намагнічування контрольованих виробів проводять у двох напрямках, а деталей складної форми – у кількох напрямках.

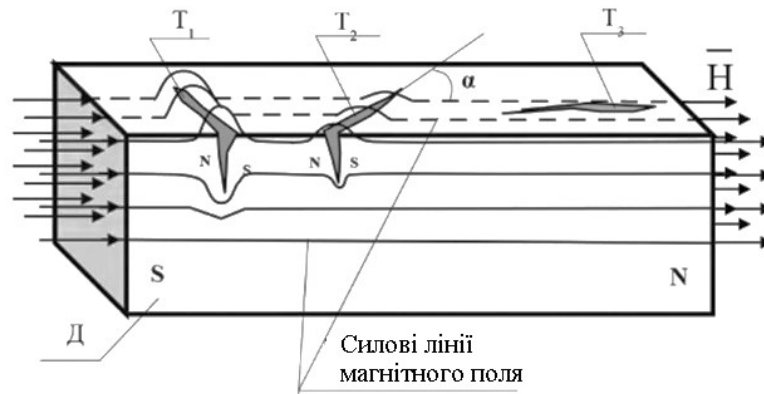


Рисунок 6.1 – Лінії розсіювання магнітних полів над дефектом

6.2 Етапи проведення контролю

При проведенні магнітопорошкового контролю можна виділити наступні основні етапи:

- підготовка поверхні деталі до контролю;
- намагнічування деталі;
- нанесення на поверхню деталі магнітного індикатора;
- огляд деталі та розшифровка дефектів;
- розмагнічування об'єкту контролю.

Підготовка деталі до контролю. Підготовка деталі до контролю полягає в очищенні поверхні деталі від іржі, що відшаровується, бруду, а також від мастильних матеріалів і масел, якщо контроль проводиться за допомогою водної суспензії або сухого порошку. Якщо поверхня деталі темна і чорний магнітний порошок на ній погано видно, то деталь іноді покривають тонким шаром білої контрастної фарби, що просвічується.

Намагнічування деталі. Намагнічування деталі є одним із основних операцій контролю. Від правильного вибору способу, напрямку та виду намагнічування, а також роду струму багато в чому залежить чутливість та можливість виявлення дефектів.

Залежно від орієнтації розташування дефекту при магнітопорошковому методі контролю застосовують чотири види намагнічування:

- циркулярне;
- повздовжнє (полосне);
- комбіноване;
- у магнітному полі, що обертається.

Найбільшого поширення отримали перші три методи.

Циркулярне – це такий вид намагнічування, при якому магнітні силові лінії мають вигляд концентричних кіл, розташованих у площині, перпендикулярній до напрямку струму. Магнітне поле замикається всередині деталі, але в її кінцях не виникають магнітні полюси. Циркулярний метод намагнічування здійснюється або пропусканням струму по товстому мідному стрижню або дроту, протягнутому через деталь, або пропусканням струму безпосередньо через деталь. Останній спосіб застосовується для контролю суцільних протяжних деталей, порожнистих циліндричних товстостінних деталей при виявленні дефектів на зовнішній поверхні циліндра, при контролі зварних швів

шляхом пропускання струму через шов. Притискні контакти для пропускання струму через деталь називаються електроолівцями.

Поздовжнє (полюсне) – це такий вид намагнічування, при якому магнітне поле спрямоване вздовж деталі, утворюючи на її кінцях магнітні полюси, при цьому магнітні силові лінії частину шляху проходять виробом, а частину – повітрям. Це намагнічування здійснюється шляхом переміщення контрольованого протяжного виробу правильної форми або між полюсами постійного магніту (електромагніту), або в соленоїді. Після видалення виробу з поля, що намагнічує, за рахунок залишкової намагніченості у виробі виникають два магнітні полюси, N і S, тому такий метод намагнічування названий полюсним. При полюсному методі розрізняють поздовжнє намагнічування, при якому напрямком вектора H зовнішнього магнітного поля збігається з напрямком поздовжньої осі деталі, і поперечне намагнічування, при якому вектор перпендикулярний до поздовжньої осі деталі.

Комбіноване – це такий вид намагнічування, у якому деталь перебуває під впливом двох чи більше магнітних полів з різним напрямком. При цьому вектори магнітної напруги складаються векторно, так що результуючий вектор направлений по гвинтовій лінії. Комбіноване намагнічування забезпечує максимальне виявлення дефектів, особливо в деталях складної форми.

Контроль (виявлення) дефектів здійснюється двома способами:

1. Контроль дефектів на залишковій намагніченості контрольованого виробу (придатний тільки для магнітотвердих матеріалів з коерцитивною силою H_c більше 800 А/м). У цьому випадку прояв дефектів здійснюється після намагнічування контрольованого виробу та видалення його з поля, що намагнічує.

2. Контроль дефектів у прикладеному магнітному полі, що застосовується для магнітом'яких матеріалів, у яких коерцитивна сила $H_c < 800$ А/м (10 E). В цьому випадку прояв дефектів здійснюється після намагнічування контрольованого виробу без його видалення з поля, що намагнічує, т.к. без прикладеного зовнішнього магнітного поля над дефектами утворюються слабкі магнітні поля розсіювання, які дозволяють виявити дефект. Цим способом контролюють деталі складної форми, а також у тому випадку, коли потужності джерела живлення недостатньо для намагнічування всієї деталі внаслідок її великих розмірів; в прикладеному магнітному полі робоча індукція поля досягається при майже вчетверо меншій напруженості магнітного поля.

Для намагнічування та розмагнічування деталей при магнітопорошковому контролі використовують такі види струмів:

- змінний промислової та підвищеної частоти;
- випрямлений однонапівперіодний;
- випрямлений двонапівперіодний;
- випрямлений трьохфазний;
- постійний;
- імпульсний.

Змінний, випрямлений, постійний струми використовують для циркулярного, полюсного та комбінованого намагнічування. Імпульсний струм зазвичай застосовують для циркулярного та полюсного намагнічування. Тривалість пропускання струму при намагнічуванні з метою

контролю залишкової намагніченості становить від кількох мс до 0,5-1 с. При контролі способом прикладеного поля струм пропускають або безперервно протягом усього процесу са намагнічування, нанесення суспензії та огляду, або – за програмою «Струм-пауза».

При цьому тривалість струму становить 0,1-3 с, а паузи – 1-5 с, тобто струм є уривчастим. Такий уривчастий струм називають імпульсним.

При контролі способом прикладеного поля рекомендується використання змінного та імпульсного струму. Нагромадження порошку над дефектом визначається ефективним значенням струму.

При контролі засобом залишкової намагніченості рекомендується використання імпульсного струму. Вимірюють амплітудне значення струму, тобто залишкова намагніченість визначається амплітудою струму, що намагнічує.

Нанесення на поверхню деталі магнітного індикатора (порошку або суспензії). Індикатор може наноситися на контрольований об'єкт сухим або мокрим способом. У першому випадку виявлення дефектів використовують сухий феромагнітний порошок. З використанням " мокрого " методу контроль здійснюється з допомогою магнітної суспензії, тобто суспензії феромагнітних частинок у рідких середовищах: трансформаторному маслі, суміші трансформаторної олії з гасом, суміші звичайної води з антикорозійними речовинами. Оптимальний спосіб нанесення суспензії полягає в зануренні деталі в бак, в якому суспензія добре перемішана, і повільному видаленні з нього. Однак цей спосіб не завжди технологічний. Найчастіше наносять суспензію за допомогою шланга або душі. Напір струменя повинен бути досить слабким, щоб не змивали магнітний порошок з дефектних місць. При сухому методі контролю ці вимоги відносяться до тиску повітряного струменя, за допомогою якого магнітний порошок наносять на деталь. Час стікання з деталі дисперсного середовища, що має велику в'язкість щодо велике, тому продуктивність праці контролера зменшується.

Огляд деталі. Розшифрування індикаторного малюнка. Картину з осілого порошку називають індикаторним малюнком чи індикацією.

Контролер повинен оглянути деталь після стікання з неї більшості суспензії, коли картина відкладень порошку стає незмінною. Деталі перевіряють візуально, але у сумнівних випадках і для розшифровки характеру дефектів застосовують оптичні прилади, тип та збільшення яких встановлюють за нормативними документами.

Осідання порошку над підповерхневими дефектами менш чітке і розмите порівняно з поверхневими дефектами.

Скупчення порошку над дефектом відбувається в основному окремими частинками та короткими ланцюжками.

З'єднання частинок у ланцюги відбувається до осідання їх над дефектами під дією зовнішнього магнітного поля або магнітних полюсів деталі.

Процес утворення ланцюжків із частинок магнітного порошку називають магнітною коагуляцією.

Виявлення дефектів безпосередньо з інтенсивністю магнітної коагуляції.

На інтенсивність магнітної коагуляції впливають такі фактори:

– концентрація магнітного порошку;

- магнітні характеристики порошку (попередній магнітний стан);
- в'язкість дисперсійного середовища;
- напруженість поля, що намагнічує;
- тривалість дії поля, що намагнічує;
- стійкість суспензії (автокоагуляція).

Ширина валика (смужки) з осілого порошку значно більша за ширину розкриття тріщини. Тому ознакою розташування дефектів легко виявити за допомогою лупи або не озброєним оком. При намагнічуванні деталей кінцевих розмірів, наприклад, стрижня, в магнітному полі соленоїда або електромагніту на краях деталі утворюються полюси, а в центрі існуватиме магнітна нейтраль. Картина розподілу магнітних полів розсіювання від центру деталі до її краю матиме різний характер:

З цієї причини осадження порошку в області однакових штучних дефектів, розташованих на різних відстанях від торця деталі, що знаходяться в магнітному полі соленоїда або електромагніту, буде різним. Найбільш рівномірне поле та краще осадження порошку над дефектом буде спостерігатися по центру деталі.

Виявлення внутрішніх прихованих дефектів має характерні особливості, багато в чому відрізняють його від виявлення поверхневих дефектів.

Навколо дефекту відбувається зміна форми ліній індукції. Виходить розподіл, приблизно збігається з тим, яке вийде в тому випадку, якби ми вирахували поле індукції у припущенні, що всередині дефекту магнітна індукція дорівнює нулю.

Зміна напрями ліній індукції при огинанні ними дефекту відбувається однаково у всіх напрямках лише тому випадку, коли дефект має сферичну форму і що він залягає у виробі глибоко. Характер викривлень і схема розподілу ліній індукції навколо дефекту сильно ускладнюються при переході від дефекту сферичної форми до дефектів довільної форми, дію яких, що розмагнічують, дуже складно. Якщо одночасно з цим взяти до уваги мінливість картини розподілу поля біля дефекту в залежності від розташування його, від напрямку ліній індукції та величини поля, що намагнічує, то завдання розрахунку поля над внутрішнім дефектом, як функції цих параметрів, виявиться ще більш важким.

Розмагнічування та контроль розмагніченості. Магнітні поля не розмагнічених деталей можуть спричинити небажані наслідки при подальшій роботі. У зв'язку з цим деталі ретельно розмагнічують та перевіряють якість розмагнічування.

Застосовують три основні способи розмагнічування:

Перший і найефективніший з них – нагрівання виробу до температури точки Кюрі, за якої магнітні властивості матеріалу зникають. Цей спосіб застосовують вкрай рідко, тому що при такому нагріванні можуть змінюватись механічні властивості матеріалу деталі, що в більшості випадків неприпустимо.

Другий спосіб полягає у розмагнічуванні деталі змінним магнітним полем з амплітудою, що рівномірно зменшується від деякого максимального значення до нуля. Залежно від матеріалу виробу, його розмірів та форми застосовують змінні магнітні поля різних частот: від часток Гц до 50 Гц.

Третій спосіб полягає у проходженні деталі через зону змінного або постійного (зі зміною напрямку) магнітного поля. В результаті зменшення магнітного поля деталь розмагнічується.

6.3 Обладнання та матеріали для магнітопорошкового контролю

До систем обладнання для проведення магнітопорошкового контролю входять намагнічувальні пристрої або магнітопорошкові дефектоскопи, вимірювачі величини магнітного поля, індикатори магнітного поля, контрольні зразки, демагнітзатори, коерцитиметри, магнітні індикатори тощо.

Намагнічувальні пристрої. Намагнічувальні пристрої в собі:

- електронний блок;
- пристрої для намагнічування у вигляді: соленоїда, контактних електродів, гнучкого кабелю та електромагніту.

Намагнічуючі пристрої можуть бути портативними, переносними та стаціонарними.

До портативних пристроїв можна віднести ті, які переносяться вручну в валізі. До таких пристроїв слід віднести постійні магніти та електромагніти. Постійні магніти забезпечують лише постійне магнітне поле. – Електромагніти можуть забезпечувати як постійне, так і змінне магнітне поле не менше 20А/см (2000А/м, 2кА/м), використовуючи змінний або випрямлений

До переносних пристроїв, можна віднести ті, які переносяться вручну за допомогою допоміжних пристроїв по обмеженій території. Переносні та пересувні дефектоскопи призначені для намагнічування змінним або постійним двопівперіодним струмом. Діапазон струмів намагнічування від 1000 до 12000 А змінного або постійного струму.

До стаціонарних пристроїв можна віднести такі, які не можуть бути переміщені вручну по території для проведення контролю. Такі пристрої забезпечують великі струми для намагнічування, мають можливість закріплення та проведення контролю великогабаритних деталей за допомогою циркулярного, полюсного та комбінованого намагнічування. До їхнього складу входять автоматичні пристрої для розмагнічування.

Індикатори та вимірювачі величини магнітного поля. Визначення необхідної величини магнітного поля, а також належного напрямку силових магнітних ліній є основою для якісного проведення магнітопорошкового контролю. Напрямок ліній магнітного поля в контрольованій області має бути близько до 90^0 по відношенню до напрямку передбачуваного дефекту або наскільки це можливо, але менше 45^0 . Здатність оцінювати напрямок ліній магнітного поля та його величину особливо важливо при проведенні намагнічування у різних напрямках, так як у таких випадках можуть утворюватися області, не збалансовані належним чином у яких вектор магнітного поля може розташовуватися таким чином, що не буде виявлена частина несприятливо орієнтованих дефектів.

Серед інструментальних засобів для визначення наявності та напрямків магнітного поля на поверхні контрольованої ділянки деталі поширення набули перетворювачі Холла, індукційні перетворювачі та феррозондові перетворювачі.

Перетворювачі Холла зазвичай використовується для вимірювання тангенціальної складової напруженості магнітного поля на поверхні деталі. При цьому проводиться вимірювання напруженості поля в повітряному зазорі з поверхнею, що щільно прилягає деталі в прикладеному полі. Перетворювачі

Холла виконують у вигляді тонких (10-20 мкм) пластинок. Випускаються кремнієві, германієві та арсенід-галієві перетворювачі Холла. Платівки, доведені шліфуванням до зазначеної товщини, наклеюють на підкладку з радіотехнічної слюди, ультрапорцеляни або ситалу.

В основу принципу дії *індукційних перетворювачів* покладено закон електромагнітної індукції, згідно з яким електро-рушійна сила (ЕРС), наведена в замкнутому контурі L , пропорційна зміні часу магнітного потоку. Закон електромагнітної індукції, поширений на матеріальні структури зі змінними параметрами дозволяє розділити всі індукційні перетворювачі на пасивні та активні в залежності від того, який член у рівнянні дає більший внесок у значення ЕРС. індукції.

Пасивні перетворювачі – це такі, у яких збуджена ЕРС пов'язана лише зі зміною у часі індукції поля. Пасивні перетворювачі є нерухомими, вони можуть застосовуватись лише у змінних полях і можуть бути використані для вимірювання постійних полів. Коефіцієнт перетворення такого перетворювача залежить від числа витків вимірювальної котушки та від матеріалу сердечника, точніше, від магнітних властивостей сердечника. Повертаючи котушку, можна легко визначити напрямок ліній магнітної індукції, що відповідає такому положенню котушки, при якому ЕРС котушки максимальна. В цьому випадку вісь котушки збігається з напрямком магнітних силових ліній.

Активні перетворювачі, навпаки, принципом дії мають зміну в часі одного з параметрів вимірювального ланцюга, наприклад, зміни ефективної площі контуру (обертання котушки перетворювача), зміною часу магнітної проникності сердечника котушки, в якій наводиться ЕРС індукції, зміною кута між напрямком вектора магнітної індукції та віссю вимірювальної котушки.

Феррозондові перетворювачі – це компонентні перетворювачі, призначені для виміру або напруженості магнітного поля, або зміни в просторі. Дія феррозондового перетворювача заснована на нелінійності кривих намагнічування сердечників із магнітних матеріалів.

Феррозондові перетворювачі (феррозонди) є пристроями активного типу. Процеси, що відбуваються в них, завжди пов'язані з впливом двох полів – зовнішнього вимірюваного поля і додаткового допоміжного поля збудження, утвореного за рахунок струму, що протікає в одній з обмоток. Залежно від взаємної орієнтації векторів напруженості зовнішнього магнітного поля та магнітного поля збудження перетворювача розрізняють феррозонди з поздовжнім збудженням – феррозонд-полемір та поперечним феррозонд-градієнтоміром.

Феррозонд-полемер – електромагнітний пристрій, що перетворює напруженість магнітного поля на електричний сигнал.

Для оцінки неоднорідності постійного часу магнітного поля використовується феррозонд-градієнтомер. Феррозонд-градієнтомер перетворює градієнт напруженості магнітного поля електричний сигнал.

Феррозонд-полемер та феррозонд-градієнтомер складаються з двох ідентичних напівзондів. Кожен півзонд містить циліндричний сердечник з магнітом'якого матеріалу з розміщеними на ньому двома котушками. Одна котушка – збудлива, підключається до джерела змінного струму, інша – вимірювальна. Обмотки збудження феррозонду-полеміру з'єднані зустрічно, а вимірювальні – згідно (послідовно). Якщо на котушки поряд з однаковими

змінними полями діятимуть і однакові поля, що намагнічують, то ЕРС на виході дорівнюватиме нулю. За наявності дефекту постійна складова магнітного поля буде не однакова в обох котушках, що призведе до виникнення ЕРС у вторинній обмотці.

Їхня важлива відмінність полягає в тому, що у феррозонду-полемера первинні обмотки з'єднані послідовно назустріч один одному, а у феррозонду-градієнтомера така схема включення реалізована у вторинних обмотках.

Порівняно з феррозондом-полеміром градієнтомір має перевагу в тому, що на його показання не впливають сторонні магнітні поля, що мають набагато менший градієнт, ніж поле дефекту.

У магнітній дефектоскопії застосовують зазвичай ферозонди завдовжки 0,5-2,0 мм, що пов'язано з необхідністю виявлення дефектів малих розмірів. Частота струму збудження 100-300 кгц. За допомогою таких феррозондів можуть виявлятися поверхневі тріщини завглибшки 0,1 мм і більше, а також дефекти, що залягають на глибині 8-15 мм.

Індикатори магнітного поля. Індикатори магнітного поля – маленькі механічні пристрої, які використовують м'яку залізну лопатку, що відхиляється магнітним полем. На рентгенівському знімку видно внутрішню конструкцію даного приладу.

Лопатка приєднана до голки, яка обертається та переміщує стрілку за масштабною шкалою. Індикатори регулюються та калібруються таким чином, щоб могла бути отримана кількісна інформація. Однак, діапазон вимірювання таких індикаторів зазвичай невеликий через їх механічний пристрій. Вони мають діапазон від +20Гс до -20Гс. Такий обмежений діапазон обмежує їх застосування вимірювання залишкової величини магнітного поля після розмагнічування.

Коерцитиметри. Коерцитиметр – прилад для вимірювання коерцитивної сили феромагнітних матеріалів. Коерцитивна сила може бути визначена за магнітною індукцією у зразку або за його намагніченістю. Найбільш поширені коерцитиметри для вимірювання коерцитивної сили по намагніченості (її позначають H_c , або H_c), що пояснюється простотою методики вимірювань і, крім того, для матеріалів з $H_c < 500$ А/см значення коерцитивної сили, що визначаються індукцією та намагніченістю, мало відрізняються друг від друга.

При вимірюванні H_c випробуваний зразок спочатку намагнічують практично до насичення в електромагніті або котушці коерцитиметра, що намагнічує. Потім через цю котушку з поміщеним до неї зразком пропускають постійний струм, магнітне поле якого розмагнічує зразок. Струм збільшують доти, доки намагніченість зразка не зменшиться до нуля, що реєструється індикаторами (нульовими приладами).

По струму в котушці коерцитиметра, що відповідає стану зразка, визначають напруженість поля, що розмагнічує. Коерцитиметри відрізняються один від одного переважно способом визначення рівності нулю намагніченості зразка. Як перетворювачі величини магнітного поля можуть виступати ферозонди і датчики Холла.

Індикаторні засоби. Магнітні частки є крихітними розмеленими частинками заліза або окиса заліза. Найбільшого поширення набули чорний магнітний порошок, що являє собою подрібнений оксид заліза Fe_3O_4 чорного кольору і буро-червоний порошок – гамма-окис заліза ($\gamma-Fe_2O_3$) бурого кольору.

Для контролю деталей з темною поверхнею використовують світлі порошки (суміш із алюмінієвої пудри та порошку нікелю або заліза). Такий порошок називають білим (сірим).

Сухі магнітні порошки можуть бути різного кольору, наприклад, чорного, червоного, зеленого, сірого, жовтого та інших кольорів, щоб створити високий рівень контрасту між частинками та поверхнею контрольованої деталі.

Люмінесцентні частинки, як правило, мають найвищу чутливість на поверхні з відповідною чистотою підготовки, мають хорошу межу розділу для максимізації контрасту індикації, так само покращує умови огляду, які повинні бути виконані з використанням затемнення і в ультрафіолетовому світлі. Люмінесцентні частинки можуть бути використані незалежно від кольору поверхні.

Оптимальний розмір частинок порошку залежить від характеру виявлених дефектів:

- для виявлення поверхневих дефектів потрібен малий розмір частинок;
- для виявлення підповерхневих дефектів потрібен більший розмір часток.

Великі частинки, поміщені в полі великого дефекту, легше збираються, ніж дрібні частинки, а дрібні частинки легше збираються слабкими полями дрібних дефектів і мають здатність описувати їх чіткіше, тому розмір частинок при магнітному випробуванні повинен знаходитися відповідно до величини дефектів, що виявляються, а тому виявлення великих дефектів повинен застосовуватися крупнозернистий порошок, а дрібних дефектів — дрібний порошок («пудра»).

Частинки магнітного порошку можуть мати розміри від 01 до 600 мкм. Надійність виявлення дефектів збільшується із зменшенням розміру частинок магнітного порошку. Зазвичай, під час проведення контролю використовуються магнітні порошки з частками розміром трохи більше 30 мкм.

Тонкодисперсні частинки легко затримуються нерівностями на поверхні, наприклад, залишками різних забруднень, мокрими ділянками або ділянками з підвищеною вологістю, а також можуть затримуватися за ризиками, подряпинами і нерівностями грубої шорсткої поверхні. До того ж слід визнати, що тонкодисперсні частинки легко здуваються вітром, тому вітряні умови знизить чутливість при проведенні контролю. Крім того, повторне використання сухих частинок не рекомендується, тонкодисперсні частинки менш ймовірно, будуть знову зібрані, і таким чином, «порошок, що використовується», буде причиною зниження чутливості контролю.

Магнітна суспензія являє собою взвісь магнітного або люмінесцентного магнітного порошку в дисперсійному середовищі, що містить змочувальні, антикорозійні, стабілізуючі (антикоагулюючі), а при необхідності антиспінювальні та інші присадки.

Як дисперсійне середовище може використовуватися:

- водяна основа;
- гасова основа;
- гасово-олійна основа;
- олійна основа.

Метод проведення контролю за допомогою магнітних суспензій, як правило, забезпечує більшу чутливість контролю, ніж з використанням сухого

порошку. Суспензія забезпечує частинкам велику рухливість і дозволяє використовувати дрібнодисперсні частинки порошку які перетворюються на пил при сухому методі, а також значно знижується або повністю усувається вплив нерівностей на поверхні. Мокрий метод дозволяє рівномірно наносити магнітні частинки великі області контрольованої поверхні.

З використанням мокрого методу нанесення магнітних частинок є ряд відмінностей від сухого методу. Одна з відмінностей полягає в тому, що стає доступним використання магнітних частинок, видимих як при звичайному освітленні, так і флуоресцентних. Більшість не флуоресцентних частинок – це частинки чорного чи червоно-коричневого кольору. Флуоресцентні частинки покриті пігментом, що світиться в ультрафіолетовому світлі. Флуоресцентні частинки мають, як правило, жовто-зелений колір з метою досягнення високої колірної чутливості ока. Тим не менш, можуть використовуватися флуоресцентні частинки інших кольорів. Суспензії на водній основі досить швидко формують індикаторні малюнки, як правило, менш дорогі, мають низьку пожежонебезпечність або не є пожежонебезпечними, не мають хімічних випарів, а також легко видаляються з поверхні виробу. У суспензії на водній основі зазвичай додаються інгібітори (сповільнювачі) корозії з метою захисту від корозії. Тим не менш, суспензії на гасово-масляній основі не викликають корозії та водневого охрупчування (титан) по відношенню до тих матеріалів, які є схильними до таких процесів.

Магнітні суспензії можуть бути виготовлені з продуктів, що поставляються у вигляді концентратів, включаючи пасту та порошки, або можуть бути готовими до використання.

Рідини, що використовуються для суспензій при мокрому методі магнітопорошкового контролю, можуть являти собою нафтову основу (гас, олію, суміш гасу та олії) або воду, що містить добавки. Рідини на нафтовій основі найбажаніші, тому що вони забезпечують хорошу змочуваність поверхні металевих частин. Тим не менш, суспензії на водній основі використовуються частіше через нижчу вартість, низьку пожежонебезпечність, і здатність сформувати індикаторні малюнки, швидше, ніж суспензії на нафтовій основі.

Водні суспензії повинні містити змочувальні добавки, щоб зруйнувати поверхневі жирові плівки, які можуть утворюватися на поверхні деталі, а також добавки, що перешкоджають злипанню магнітних частинок в суспензії. Змочувальні добавки сприяють спінюванню, тому додаються антиспінювальні присадки. Оскільки вода сприяє появі корозії в металах, зазвичай додаються інгібітори (сповільнювачі) корозії.

Суспензії на нафтовій основі використовуються насамперед там, де потрібна постійна підтримка належної концентрації магнітних частинок. Обслуговування суспензії на нафтовій основі є менш клопітким, тому що вони повільно випаровуються в порівнянні з водними суспензіями. Тому суспензії на нафтовій основі можуть стати найкращим вибором для систем, які використовуються періодично та постійний періодичний контроль якості суспензій не є обов'язковим.

Перед приготуванням суспензії, магнітні частинки повинні зважуватися, тому різні стандарти та специфікації, а також виробники магнітних індикаторних

засобів контролю вказують рекомендовані або необхідні концентрації магнітних частинок.

Як правило, ці значення для кольорових магнітних частинок становлять $5,0 \div 25,0$ г/л і для флуоресцентних $0,5 \div 4,0$ г/л.

Низькі концентрації використовують при контролі різьблення. Рекомендована концентрація кольорових частинок магнітного порошку в суспензії повинна становити 25 ± 5 г/л.

Низькі концентрації використовують при контролі різьблення та об'єктів з використанням магнітних полі напруженістю понад 100 А/см. При цьому концентрацію кольорових частинок магнітного порошку зменшують до 5 г/л.

Значення концентрації часто вказується як об'єм осілих твердих частинок, виміряний після встановленого проміжку часу – зазвичай 30 хвилин – з використанням центрифужної колби, що має градування нижньої звуженої частини.

Перед приготуванням суспензії має бути зважування магнітних частинок. Дефектоскопічні матеріали через встановлений період часу перевіряють для підтвердження їхньої придатності до проведення контролю.

Питання для самоперевірки

1. Поясніть сутність даного методу.
2. Які основні етапи при проведенні магнітопорошкового контролю?
3. Які способи намагнічування застосовуються при магнітному контролі?
4. Як впливає вміст вуглецю на магнітні властивості сталі?
5. Які дефекти можуть бути ідентифіковані оптимально за умови використання магнітного порошку з розмірами частинок 100 мкм?
6. Як називаються матеріали, які слабо відштовхуються від магніту?
7. Які матеріали використовують в якості магнітних індикаторів?
8. Яка залежність між розміром магнітних часток та розміром виявляємих дефектів?
9. Які методи нанесення сухого порошку вам відомі?
10. Які переваги у використанні звичайних індикаторів у порівнянні з люмінісцентними?
11. Які особливості проведення контролю за залишковій намагніченості?
12. Перелічте методи розмагнічування та мету його проведення.
13. Струм якого типу застосовується при магнітопорошковому контролі.
14. Яка галузь застосування цього методу?