



Pogonyi István

Roncsolásmentes vizsgálati módszerek. Hibakereső vizsgálatok.

NSZFI
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:

Általános anyagvizsgálatok és geometriai mérések

A követelménymodul száma: 0225-06 A tartomelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-011-16

RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATI MÓDSZEREK. HIBAKERESŐ VIZSGÁLATOK.

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Az alkatrészek, szerkezetek állapotának megállapítása a továbbfelhasználás, ill. a feldolgozás szempontjából alapvető fontosságú. Mindezt elengedhetetlen az, hogy valamilyen diagnosztikai vizsgálatokkal felmérjük az alkatrész/szerkezet állapotát. A műszaki fejlődés során meglehetősen sokféle eljárás alakult ki, és kerül alkalmazásra napjainkban is. A módszerek mindegyikének létezik előnyös és hátrányos tulajdonsága, az alkalmazhatóság pedig gyakran feltételekhez kötött. Ezek ismerete nélkül lehetetlen pontos, megbízható vizsgálatot végezni.

Minden alakítási eljárásnál fontos követelmény, hogy az alkatrész/szerkezet felülete lehetőség szerint ne sérüljön meg a vizsgálat során. Ezért a roncsolásmentes anyagvizsgálat kerül előtérbe, hogy a vizsgálat elvégeztével az alkalmas alkatrészek beépíthetők, további megmunkálásra alkalmasak, a szerkezetek pedig továbbra is használhatók maradjanak.

Mindezek figyelembevételével látható, hogy a roncsolásmentes vizsgálatok nemcsak a gyártásban, hanem a javítás és ellenőrzéstechnikában is alkalmazásra kerülnek. A modern diagnosztikai rendszerekkel és megfelelően kialakított üzemeltetési stratégiával lehetőség nyílik arra, hogy a karbantartó pontos következtetéseket vonhasson le egy szerkezet üzemeltetési tartalékairól, illetve, hogy ezek a tartalékok milyen feltételek –esetlegesen korlátozások– mellett használhatók ki maximálisan, vagy a lehető leghosszabb időn keresztül a szerkezet biztonságos alkalmazásának veszélyeztetése nélkül (pl. repüléstechnika, szállító és emelő berendezések).

Ahhoz, hogy a szerkezet állapotát a lehető legnagyobb biztonsággal felmérjük, elengedhetetlen, hogy:

- megfelelően kiválasztott vizsgálati módszerekkel felmérjük az adott szerkezet állapotjellemzőit,
- ebből pontos következtetéseket vonjunk le az üzemeltetés körülményeire jellemző mechanikai állapotról,
- pontos ismereteket birtokoljunk a felhasznált anyagok károsodási folyamatáról (pl. a repedés terjedés sebességének ismeretében) az adott üzemeltetési körülmények figyelembevételével.

Ez a három terület azonos fontossággal bír a szerkezetek állapotának felmérésében, ezért valós állapotra vonatkozó következtetésre csak úgy juthatunk, ha ezek mindegyike adott és ezeket egymással párhuzamosan kezeljük.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

A műszaki gyakorlatban többféle roncsolásmentes vizsgálatot alkalmaznak, azonban a módszerek eredményességét sok tényező befolyásolja (anyagminőség, anyagvastagság, hiba nagysága és helyzete, a hiba jellege, a vizsgálati körülmények, gazdaságossági szempontok stb.). A különböző típusú, méretű, elhelyezkedésű hibák megtalálása, méreteinek meghatározása eltérő vizsgálati módszert igényelhet. Előfordul, hogy egyazon hibát más-más módszerrel vizsgálva eltérő eredményt kapunk. Ezért fontos, hogy a vizsgáló legyen tisztában a különböző vizsgálati módszerek elméleti alapjaival, az eljárások és az alkalmazott eszközök lehetőségeivel, illetve azok képességeivel. Mindemellett a vizsgálatot végzőknek alaposan ismerniük kell a vizsgált anyag jellemzőit, az egyes vizsgálati eljárások alkalmazhatóságának feltételeit és korlátait, megbízhatósági jellemzőit.

A roncsolásmentes anyagvizsgálatok elsődleges célja az alkatrészekben, szerkezeti elemekben, a szerkezet integritásában a gyártás, ill. az üzemeltetés során keletkezett eltérések megtalálása, minél pontosabb méreteinek meghatározása

A roncsolásmentes vizsgálatok a próbadarabot, próbatestet, vagy szerkezeti elemet annak roncsolása nélkül képesek ellenőrizni. A vizsgálatok egy részét csak a szabványokban/ jogszabályokban előírt képesítéssel rendelkező szakemberek végezhetik.

Azokat a vizsgálatokat, amelyek az anyagok külső és belső hibáinak az ún. rejtett hibáknak a kimutatására szolgálnak annak károsodása, sérülése nélkül, roncsolásmentes vagy hibakereső vizsgálatoknak nevezzük.

A roncsolásmentes vizsgálat célja lehet:

- a termék megfelelőségének ellenőrzése,
- egy szerkezet vagy szerkezeti elem adott üzemidő utáni állapot-ellenőrzése,
- az alkatrész felületi vagy belső állapotának vizsgálata,
- az alkatrész, vagy szerkezeti egység méreteinek ellenőrzése,
- a szerkezet tömörségének megállapítása.

A roncsolásmentes vizsgálata az alábbiak szerint osztályozható:

- a munkadarab felületén lévő hibák kimutatása:
 - szemrevételezéses (vizuális) ellenőrzés,
 - folyadékbehatolásos (penetrációs) vizsgálat,
 - magnetoinduktív vagy az örvényáramos vizsgálat,
 - mágneses repedésvizsgálat,

- a munkadarab belsejében lévő hibák kimutatása:
 - radiográfiai vizsgálatok:
 - röntgen vizsgálat,
 - gammasugár- (izotópos) vizsgálat,
 - ultrahang vizsgálat,
 - akusztikus emissziós vizsgálatok.

Hogyan választjuk ki a megfelelő vizsgálati eljárást?

- **Alapelv:** A hiba hatására – annak környezetében – megváltozik az anyag valamely fizikai (optikai, mágneses, villamos, stb.) jellemzője.
- Olyan információ hordozót (pl. mechanikai rezgések, elektromágneses sugárzások) kell választani, amelynek változásából egyértelműen lehet következtetni a hiba jellemzőire.
- Elsődleges, hogy melyik módszerrel mutatható ki a feltételezett hiba legbiztosabban.

Követelmény a vizsgálati eljárással szemben:

- gyorsaság, megbízhatóság,
- egyszerűség (helyszíni elvégezhetőség),
- ne legyen környezetszennyező (biztonságtechnika),
- minimális felület előkészítés,
- dokumentálhatóság.

A vizsgálati módszer kiválasztásának szempontjai:

- a vizsgált darab anyaga, mérete, geometriai viszonyai,
- a feltételezhető hibaalakja, helye, mérete,
- a kimutatás pontossága,
- vizsgálati körülmények
- a dokumentálhatóság,
- a korábbi eredményekkel való összevetés lehetősége (repedésterjedés),
- a gazdaságosság, a vizsgálat ideje stb.

Alapszabály: Univerzális hibakereső vizsgálati eljárás nincs!

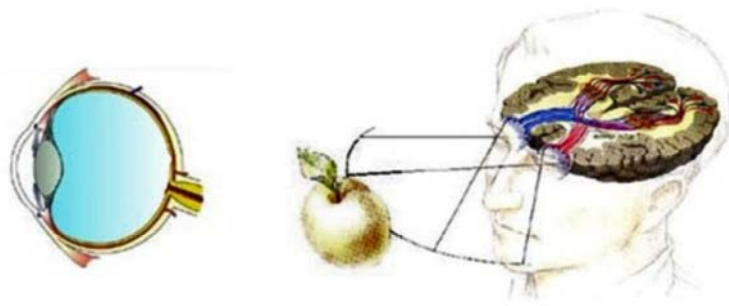
A roncsolásmentes vizsgálati eljárások dinamikus fejlődésének magyarázata:

- nő a gyártók közötti minőségi verseny,
- a tervezési és kísérleti-vizsgálati szakaszban történő beavatkozás és korrekció hatására a fejlesztési költségek hosszabb távon kedvezőbben alakulhatnak,
- a gyártástechnológia folyamatos kontrolja révén lecsökkenhet a leállási idő,
- a garantált és ellenőrzött jobb minőség miatt csökken, vagy elmarad a reklamáció.

A MUNKADARAB FELÜLETÉN (FELÜLETKÖZELI) LÉVŐ ELTÉRÉSEK KIMUTATÁSÁRA ALKALMAS MÓDSZEREK

1. Szemrevételezéses (vizuális) ellenőrzés

Mérési elv: látható fényben a hibák érzékelése



1. ábra. Az emberi szem

A szemrevételezéses vizsgálatok feladata:

- az anyag, illetve a termék rendelkezésre álló dokumentumok, információk szerinti azonosítása, azaz annak megállapítása, hogy azt vizsgáljuk-e, amit szándékoztunk,
- ezen vizsgálatok kezdetekor kell kiszűrni az olyan "durva" (nem korrigálható alak- és mérethelyességi) eltéréseket, valamint felületi hibákat, amelyek funkcionális alkalmatlanságot jelentenek.

Egyedi vizsgálatoknál, vagy előzetes állapotfelmérés során legfontosabb és egyben leggyakrabban alkalmazott roncsolásmentes anyagvizsgálati eljárás a szemrevételezés, ami a felületi eltérések kimutatására alkalmas legegyszerűbb, és legolcsóbb vizsgálati módszer. A szemrevételezéses vizsgálatot általában valamely más vizsgálat kiegészítőjeként szokták alkalmazni, hiszen az emberi szem felbontóképessége és érzékenysége nagymértékben különbözik az egyéb vizsgálati módszerekétől. A szemrevételezéses vizsgálatok talán legnagyobb hiányossága abban rejlik, hogy a későbbi reprodukálhatóság bizonyítása a szubjektivitás és az időrabló „papírozás” miatt nehezebb, mint egyéb eljárások használata mellett. Ennek ellenére azt mondhatjuk, hogy a két különböző típusú vizsgálat egymást jól kiegészíti.

Ez a vizsgálati módszer követeli meg a legnagyobb gyakorlatot és az alkatrésze, a szerkezetre ható igénybevételek alapos ismeretét, mivel a vizsgálónak tökéletesen tisztában kell lennie az anyagszerkezet tulajdonságaival, a gyártástechnológiával, az eltérések várható helyével, irányával. Éppen ezért követelmény, hogy ezeket a vizsgálatokat a legjobban felkészült és nagy tapasztalati tudással rendelkező vizsgálók végezzék.

A hegesztett varrat küllemének ellenőrzése nem lebecsülendő ellenőrzési mód, mert már ebből lehet következtetni a hegesztési varrat jóságára. Azt lehet mondani, hogy a varrat minősítésének legfontosabb, elsődleges meghatározó módszere. A vizsgálat eredménye közvetlenül értékelhető.

Nemcsak a szemmel látható hibák fedhetők fel, mint pl. szegélykiolvadás, repedés (különösen a végkráternél), hegesztett varrat felületének egyenetlensége, nem megfelelően beolvasztott gyök, hegdudor magassága, sarokvarrat mérete, stb., hanem a varrat külalakjából következtetni lehet a hegesztő képességére is.

Az egyszerűen végrehajtható vizsgálat lehetővé teszi azt, hogy a gyártási folyamatba a felületi hibaelemzés után még idejében be lehessen avatkozni. A gyártás során keletkezett eltérések (hibák) megszüntetése ugyan nagy javítási költségráfordítással járhat, de az így észlelt eltérések még időben (átadás, üzembe helyezés előtt) megszüntethetők, javíthatók.

A vizsgálat alkalmazása:

- a felületet gondosan elő kell készíteni (ez a legtöbb esetben a tisztítást, esetleg a maratást jelenti, de nagyon fontos a megfelelő megvilágítás is),
- a megfelelő felületi előkészítést követően elvégezzük a szemrevételezéses vizsgálatot (az emberi szem érzékelő képességének javítása történhet nagyító lupe és megvilágító eszközök alkalmazásával),
- olyan vizsgálati helyek esetén, ahol a közvetlen megfigyelés nem alkalmazható (pl. részben zárt, nem hozzáférhető terek) alkalmas segédeszközt alkalmazunk, és ezen keresztül végezzük el a vizsgálatot (a használt műszerek: boroszkópok, endoszkópok, fiberszkópok, videoszkópok),
- videokamerák és TV segítségével – amelyek néhány másodperc alatt leképezik a darabot – a szállítószalagon mozgó alkatrészek is ellenőrizhetők,
- optikai lézerrel az elektronikai iparban nagyon kis elmozdulások, vibráció, maradó feszültségek okozta méretváltozások is vizsgálhatók
- belső felületek (tartályok, csövek, palackok) hibáihoz műszerezett vizuális vizsgálatok.



2. ábra. Videó endoszkóp

A vizsgálat alkalmazhatóságának jellemzői:

- csak felületre kijutó hibák (repedések, porozítások, felületi hibák, felszakadások, beszívódások stb.) kimutatására alkalmas,
- a szemrevételezéssel kimutatható méret alsó határa 0,05...0,1 mm. Az eltéréseket különösen kis térfogat esetén könnyebb kézi nagyítóval vagy mikroszkóppal kimutatni,
- jól kimutathatók a viszonylag nagyobb méretű térfogatos hibák és az elnyílt repedés jellegű hibák, valamint a durvább geometriai eltérések,
- rosszul detektálható a kisméretű összezáródott repedések kimutatása és a csekély mértékű geometriai eltérések,
- a hibakimutathatóság korlátja az emberi szem, illetve az alkalmazott segédeszköz felbontó képessége,
- a vizsgálat során csak a felületre nyitott hibák mutathatók ki,
- a vizsgálatához biztosítani kell a megfelelő felületet, hozzáférhetőséget és megvilágítást,
- a vizsgálati távolság növekedése jelentősen rontja a hibakimutathatóságot,
- endoszkópos vizsgálat esetén az endoszkóp bevezetéséhez megfelelő nagyságú helyet kell biztosítani. Ha az endoszkópot több kanyarulaton keresztül kell vezetni (pl. egy csővezetékben) az jelentősen csökkentheti a behatolási távolságot a nagymértékben növekedett súrlódás miatt. Az endoszkóp általában nagy terek vizsgálatára a fényerő és a flexibilis szál megvezetési nehézségei miatt csak korlátozottan alkalmas.



3. ábra. Csőbejáró videó endoszkóp

Környezeti feltételek:

- közvetlen szemrevételezéshez száraz vizsgálati környezet szükséges,
- a hőmérséklet ne zavarja a vizsgálót a részletes megfigyelés elvégzésében,
- endoszkópos vizsgálat végezhető víz alatt vagy olajban is. Ezek a közegek azonban jelentősen lerontják a látótávolságot, a hőmérséklet ilyenkor ne haladja meg a +50 °C-ot!

2. Folyadékbehatolásos (penetrációs) vizsgálat

A folyadékbehatolásos vizsgálat célja a felületre nyitott eltérések (felületi repedések) kimutatása.



4. ábra. Felületi repedés

A viszonylag olcsó, és egyszerűen végrehajtható vizsgálati eljárás elve az, hogy az igen kis méretű eltérés egy jelzőfolyadék és egy előhívó kontraszt hatására jól látható, nagyobb méretű lenyomat képződik a felületen.

Az eljárást elsősorban fémekre alkalmazzák, de más anyagok esetében is alkalmazható, feltéve, hogy:

- semlegesek a vizsgálószerekkel szemben, és
- nem túlzott mértékben porózusak.

Ilyenek például az öntvények, kovácsdarabok, hegesztett varratok, keramikus anyagok, stb..

A vizsgálati eljárás folyamata:

Ha a szerződés szerint szükséges, akkor írásos vizsgálattechnológiát kell készíteni és jóváhagyni a vizsgálat megkezdése előtt.

A munkadarab előkészítése és tisztítása

A folyadékbehatolásos vizsgálat megkezdése előtt a vizsgálandó felületet le kell tisztítani és meg kell szárítani.



5. ábra. Alkatrész tisztítása oldószerrel

A szennyezőanyagokat, például revét, rozsdát, olajat, zsírt vagy festéket el kell távolítani szükség szerint mechanikai vagy vegyi eljárással, vagy ezen módszerek kombinációjával. Az előtisztítással el kell érni, hogy a vizsgálati felület mentes legyen minden maradék anyagtól, és hogy a jelzőfolyadék bejusson az esetleges folytonossági hiányokba. A letisztított felület legyen elég nagy ahhoz, hogy a szomszédos felületrészek ne befolyásolhassák a tényleges vizsgálati felületet.

Mechanikus előtisztítás

A revét, salakot, rozsdát stb. el kell távolítani megfelelő módszerekkel, például keféléssel, dörzsöléssel, koptatással, szemcseszórással, nagy nyomású vízzel való lefúvatással stb. Ezek a módszerek eltávolítják a szennyező anyagokat a felületről és általában nem alkalmasak a felületi folytonossági hiányokon belüli szennyezőanyagok eltávolítására. Minden esetben, de különösen a szemcseszórás esetében ügyelni kell arra, hogy a folytonossági hiányok ne záródjanak be képlékeny deformáció vagy a koptató anyagok lerakódása által. Ha szükséges, maratást kell végezni megfelelő öblítéssel és szárítással kiegészítve azért, hogy a folytonossági hiányok a felületre biztosan nyitottak maradjanak.

Vegyi előtisztítás

A zsír, az olaj, a festék vagy a maratóanyag-maradványok eltávolítására a vegyi előtisztítást megfelelő vegyszerekkel kell elvégezni. A vegyi előtisztítási eljárásból adódó anyagmaradékok reakcióba léphetnek a jelzőfolyadékkal, és jelentősen csökkenthetik annak érzékenységét. Különösen a savak és a kromátok csökkenthetik jelentősen a fluoreszkáló jelzőfolyadékok fluoreszcenciáját, és a szíkontraszt-jelzőfolyadékok színét. Ezért a vegyi anyagokat a tisztítás után el kell távolítani a vizsgálati felületről megfelelő tisztítási eljárások alkalmazásával, amelyek tartalmazhatják a vízzel való öblítést is.

Szárítás:

Az előtisztítás végső fázisaként a vizsgálandó alkatrészeket alaposan meg kell szárítani úgy, hogy a folytonossági hiányokban sem víz, sem oldószer ne maradjon vissza.

Jelzőfolyadék felvitele:

Ezt követően a megfelelő, kis felületi feszültséggel rendelkező jelzőfolyadékot fel kell vinni a vizsgálati felületre, ami behatol a felületre nyitott folytonossági hiányokba, vékony résekbe, felületi repedésekbe a kapilláris hatás következtében, a gravitációtól függetlenül.



6. ábra. Penetráló jelzőfolyadék felvitele

A jelzőfolyadékot a vizsgálandó alkatrészekre fel lehet vinni szórással, ecseteléssel, ráöntéssel, bemártással vagy bemerítéssel. Ügyelni kell arra, hogy a vizsgálati felület teljes mértékben nedves maradjon a teljes behatolási időtartam során.



7. ábra. Penetráló jelzőfolyadék nedvesítő hatása

Hőmérséklet.

- Annak érdekében, hogy csak rendkívül kis mennyiségű nedvesség hatolhasson be a folytonossági hiányokba, a vizsgálati felület hőmérsékletét általában a 10–50 °C tartományban kell tartani. Speciális esetekben a hőmérséklet 5 °C is lehet. 10 °C alatt és 50 °C felett csak olyan vizsgálószer-termékcsalád és eljárás alkalmazható, amelyet külön erre a célra jóváhagytak a pr EN 571–2 szerint.
- Megjegyzés: kis hőmérsékleten különösen nagy a veszélye annak, hogy víz csapódik le a folytonossági hiányokban és a felületeken, és ez a víz megakadályozza a jelzőfolyadék bejutását a folytonossági hiányokba.

Behatolási idő.

- A megfelelő behatolási idő függ a jelzőfolyadék jellemzőitől, az alkalmazás hőmérsékletétől, a vizsgálandó anyagtól és a kimutatandó folytonossági hiányoktól.
- A behatolási idő 5 perc és 60 perc között változhat. A behatolási idő legalább olyan hosszú legyen, mint az érzékenység meghatározásához használt idő (lásd a 6.3. szakaszt). Ha ettől eltérő, akkor a tényleges behatolási időt az írásos vizsgálattechnológiában rögzíteni kell. Semmi esetre sem szabad hagyni, hogy a jelzőfolyadék a behatolási időtartam alatt megszáradjon

Ezután a felületről eltávolítjuk a fölösleges folyadékot, így csak a repedésekben, felületi porozitásokban marad jelzőfolyadék, melyet törléssel, mosással nem tudunk eltávolítani



8. ábra. Fölösleges behatoló folyadék eltávolítása

Előhívás:

Előhívóval lefestjük a felületet, ami felszívja a folytonossági hiányokba behatolt és ott visszamaradt jelzőfolyadékot, így a folytonossági hiányok jól látható, felerősített indikációja jöhet létre.

Az előhívót az alkalmazás során homogén állapotban kell tartani, és azt egyenletesen kell felvinni a vizsgálati felületre. Az előhívót, amint lehetséges, közvetlenül a felesleges jelzőfolyadék eltávolítása után kell a felületre felvinni.

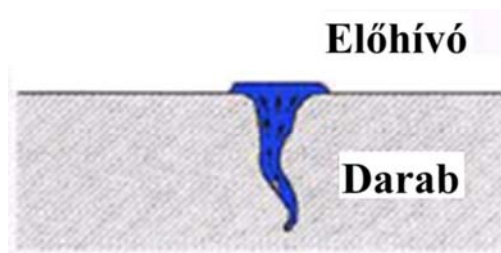


9. ábra. Előhívó felvitele az alkatrészre

Az előhívó lehet:

- *Száraz por.* Száraz port csak fluoreszkáló jelzőfolyadékkal lehet használni. Az előhívót egyenletesen kell felvinni a vizsgálati felületre valamely következő eljárás segítségével: porfúvás, elektrosztatikus felszórás, szórópisztolyos eljárás, fluidizált ágy vagy porlebegtető kabin alkalmazásával. A vizsgálati felületet vékony bevonat borítsa, helyi felhalmozódások ne legyenek.
- *Vízben szuszpendálható előhívó.* Az előhívót vékony egyenletes rétegben kell felvinni a megkevert szuszpenziós oldatba való bemártással vagy felszórással, a jóváhagyott technológia szerint. A bemártási időt és az előhívó hőmérsékletét a gyártó utasításának megfelelően az alkalmazónak megelőző próbák segítségével kell meghatározni. A bemártási idő legyen olyan rövid, amilyen csak lehetséges az optimális eredmények biztosítására. Az alkatrészt elpárolgatással és/vagy keringtetett levegős kemencében kell megszáritani
- *Oldószeralapú előhívó.* Az előhívót egyenletes rétegben kell felszórni. A felszórás módja olyan legyen, hogy az előhívó kissé nedvesen jusson a felületre, vékony egyenletes réteget képezve

A porózus szerkezetű előhívó száradása után a vékony repedésekből kiszívja a jelző folyadékot, és a repedésnél vizes kinézetű csík jelenik meg, mely néhány másodperc múlva.

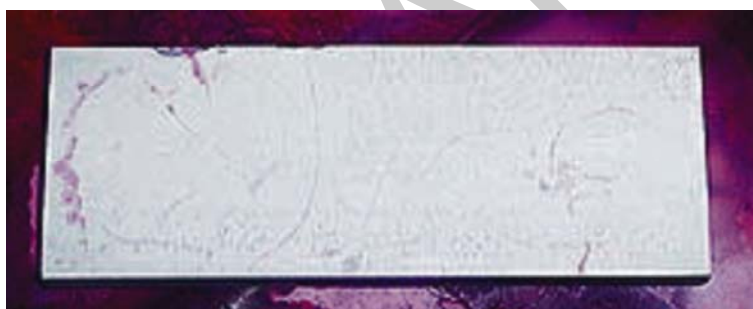


10. ábra. Az előhívott felületi hiba

Az előhívási idő 10 perc és 30 perc között legyen, ennél hosszabb időtartamot illetően a szerződő felek egyezhetnek meg.

Vizsgálat:

Miután az előhívó magába szívja a jelzőfolyadékot, megvizsgáljuk a tárgy felületét a felületi hibák feltérképezésére.



11. ábra. A felületi hibák beazonosítása

Általában célszerű az első vizsgálatot közvetlenül az előhívó felvitele után végezni, vagy mihelyt az előhívó megszárad. Ez megkönnyíti a hibajelek értékelését. A végső vizsgálatot akkor kell elvégezni, ha az előhívási idő letelt. A szemrevételezéses vizsgálathoz alkalmazható nagyító vagy kontrasztszemüveg.

- Fluoreszkáló jelzőfolyadékok. Elegendő időt kell hagyni a vizsgáló szemének ahhoz, hogy a vizsgálóhelyiségben a sötéthez alkalmazkodjon, ez rendszerint legalább 5 perc. A vizsgáló szemébe ne jusson közvetlenül ultraibolya sugárzás. A vizsgáló által látható felület teljes egésze ne legyen fluoreszkáló. Olyan papír vagy rongy, amely ultraibolya sugárzás hatása alatt fluoreszkál, ne kerüljön a vizsgáló látóterébe. A fenti megállapítások elsötétített vizsgálóhelyiségben való vizsgálatra vonatkoznak, ahol a látható fény legfeljebb 20 lx.

- Színkontraszt hatású jelzőfolyadékok. A vizsgálati felületet nappali fényben vagy mesterséges fehér fényben kell vizsgálni, ahol a megvilágítás legalább 500 lx a vizsgálandó alkatrész felületén. A szemrevételezési körülmények olyanok legyenek, hogy káprázás és visszaverődés ne zavarja a vizsgálatot.

A vizsgálat során alkalmazott termékcsalád

A folyadékbehatolásos vizsgálat terén különböző vizsgálati rendszerek alkalmazhatók.

A termékcsalád a következő vizsgálószerek kombinációja:

- jelzőfolyadék,
- a felesleges jelzőfolyadékot eltávolító szer, és
- az előhívó.

Ha típusvizsgálatot végeznek a jelzőfolyadék és a felesleges jelzőfolyadékot eltávolító szer származzon egy gyártótól. Csak jóváhagyott termékcsaládokat szabad alkalmazni.

Jelzőfolyadék		Eltávolító		Előhívó	
Típus	Elnevezés	Módszer	Elnevezés	Fajta	Elnevezés
I	Fluoreszkáló jelzőfolyadék	A	Víz	a	Száraz
II	Színkontraszt hatású jelzőfolyadék	B	Lipofil emulgálószer	b	Vízben oldható
			1. olajbázisú emulgáló	c	Vízben szuszpendálható
III	Kettős célú (fluoreszkáló színkontraszt) jelzőfolyadék	C	Lipofil emulgálószer	d	Oldószer alapú (nem víznedves)
			1. olajbázisú emulgáló	e	Víz, vagy oldószerbázisú különleges alkalmazásokhoz (pl.: lefejtető előhívó)
		D	Lipofil emulgálószer		
			1. olajbázisú emulgáló		
			Lipofil emulgálószer		
			1. olajbázisú emulgáló		
		E	Lipofil emulgálószer		

Megjegyzés: Különleges esetekben szükséges olyan vizsgálószerek alkalmazására, amelyek gyúlékonyság, kén-, halogén-, nátriumtartalom, és más szennyező tartalom szempontjából külön követelményeknek is megfelelnek

1. sz. táblázat Folyadékbehatolási vizsgálatokhoz használt anyagok típusai

A folyadékbehatolási vizsgálat vizsgálószerei legyenek összeférhetőek a vizsgálandó anyaggal, és feleljenek meg azon alkalmazásnak, amelyre az adott alkatrészt tervezik.

Különböző gyártóktól származó vizsgálószereket nem szabad összekeverni a vizsgálat során. A lefedési veszteségeket nem szabad pótolni más gyártóktól származó vizsgálószerekkel.

Bizonyos nemfémes anyagok vegyi vagy fizikai jellemzőit a vizsgálószerek károsan befolyásolhatják, ezért ezek összeférhetőségét értékelni kell a vizsgálat megkezdése előtt, ha a vizsgálandó tárgy ilyen anyagból készült, vagy tartalmaz ilyen anyagot.

Olyan esetekben, ha szennyeződés előfordulhat, nagyon lényeges, hogy a vizsgálószerek ne fejtsenek ki káros hatást üzemanyagokra, kenőanyagokra, hidraulikus folyadékokra stb.

Regisztrálás:

A észlelt hibákat regisztrálni kell (lehetőség szerint lefényképezve a felületet) a későbbi beazonosíthatóság érdekében

A regisztrálást valamely következő eljárással lehet végezni:

- leírással,
- vázlat alapján,
- tapadósszalaggal,
- lefejthető előhívóval,
- fotóval,
- fotómásolattal,
- videóval.

Utótisztítás:

Végző vizsgálat után az alkatrész felületét utólagosan tisztítani kell minden olyan esetben, amikor a vizsgálószerek befolyással lehetnek a következő műveletekre vagy az üzemeltetési körülményekre, majd a felületet meg kell szárítani.

Ha utótisztítás után vizsgálószert marad a vizsgált alkatrészekben, fennáll a korrózió veszélye, azaz a feszültségkorrózió vagy a korróziós kifáradás lehetősége.

Megismételt vizsgálat:

Ha megismételt vizsgálat szükséges, például azért, mert a hibajelek egyértelműen nem értékelhetők, meg kell ismételni a teljes vizsgálati folyamatot az előtisztítással kezdve. Ha szükséges, kedvezőbb vizsgálati körülményeket kell választani ehhez az eljáráshoz. Nem szabad azonban eltérő típusú vagy más gyártóktól származó azonos típusú jelzőfolyadékot alkalmazni, csak akkor, ha a folytonossági hiányokban visszamaradó jelzőfolyadék-maradványok alapos tisztítással el lettek távolítva.

Vizsgálati jegyzőkönyv készítése:

A vizsgálati jegyzőkönyv a következő adatokat tartalmazza:

- a vizsgálandó alkatrészre vonatkozó adatok: megnevezés, méretek, anyag, felületi állapot, gyártási fázis,
- a vizsgálat célja,
- az alkalmazott vizsgálószerek megnevezése szakasz szerint, megadva a gyártó nevét és a termék megnevezését, továbbá az adagszámot,
- vizsgálati utasítások,
- a vizsgálati utasításoktól való eltérések,
- vizsgálati eredmények (az érzékelt folytonossági hiányok leírása),
- a vizsgálat helye, időpontja és a vizsgáló neve,
- a vizsgálatot felügyelő minősítése és aláírása.

A folyadékbehatolásos vizsgálat hatékonysága számos tényezőtől függ, például:

- a vizsgálószerek és a vizsgálóberendezés típusától,
- a felület előkészítésétől és állapotától,
- a vizsgálandó anyagtól és a várható folytonossági hiányoktól,
- a vizsgálati felület hőmérsékletétől,
- a behatolási és előhívási időtől,
- a szemrevételezési feltételektől stb..

A kimutatható legkisebb repedés körülbelül 5 μm szélességű és 10 μm mélységű. Az érzékenységet meghatározó tényezők:

- a nedvesítés mértéke,
- a repedés geometriája,
- a felület tisztasága,
- a vizsgálatra rendelkezésre álló idő,
- a vizsgáló személy felkészültsége,
- a vizsgáló és előhívó folyadék minősége,
- a kiértékelés során a megvilágítás mértéke.

3. Magnetoinduktív vagy az örvényáramos vizsgálat

A vizsgálat fizikai alapja:

Elektromosan vezető anyagokban, időben változó mágneses tér indukció útján áramot gerjeszt. Ezt az áramot örvényáramnak nevezzük. Az örvényáram maga is gerjeszt mágneses teret, mely a külső mágneses térrel ellenkező irányú. A két mágneses tér összegződik, mely eredő erőterhez vezet. és amelyet mérni és értékelni lehet, változásaiból, viselkedéséből különböző anyaghibákra vagy anyagtulajdonságokra lehet következtetni.

Az örvényáramos vizsgálat célja a ferromágneses anyagok felülethez közeli, vagy felületre kifutó eltéréseinek, folytonossági hiányainak, stb. meghatározása örvényáramos elv alapján

A vizsgálat során a munkadarabban létrejövő örvényáramokat, így a visszahatás mértékét az ellenőrzött darab elektromos vezetőképessége, mágneses permeabilitása, geometriai adatai, anyaghibái, az alkalmazott örvényáram frekvenciája valamint a szonda és a vizsgálandó darab távolságának mértéke határozza meg.

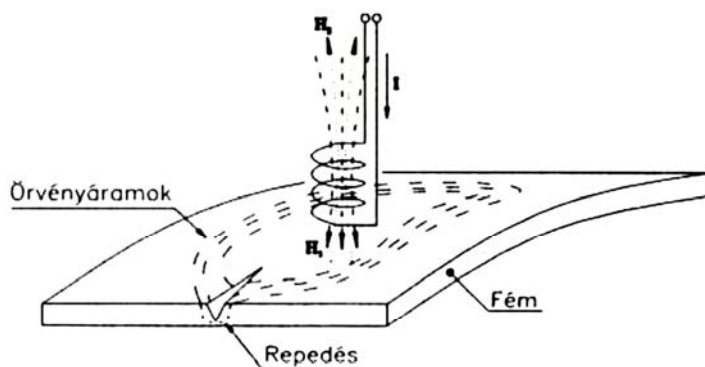
Magnetoinduktív vizsgálat

A ferromágneses anyagok szövetszerkezete és mágneses tulajdonságai között egyértelmű összefüggések vannak. Így pl. a permeabilitás, a koercitív erő és a hiszterézis az anyag szerkezetének függvényei. A szövetszerkezet pedig az acélok összetételétől, hőkezelésétől, a hideg-, vagy melegalakítás mértékétől stb. függ. Így a mágneses tulajdonságok ismeretében bizonyos következtetéseket vonhatunk le.

A módszer lényege, hogy egy etalon darabbal hasonlítjuk össze a vizsgált darabokat úgy, hogy két tekercset kapcsolunk egymással szembe. A tekercsek egyikében az etalont, a másikban a vizsgálandó darabot helyezzük el. Ha a darab az etalonnal összetételben, hőkezeltségben, keménységben stb. megegyezik, akkor a műszer nem tér ki, de ha eltérés van, akkor jelez.

A vizsgálat alkalmazása: hőkezelt alkatrészek ellenőrzése (válogatás)

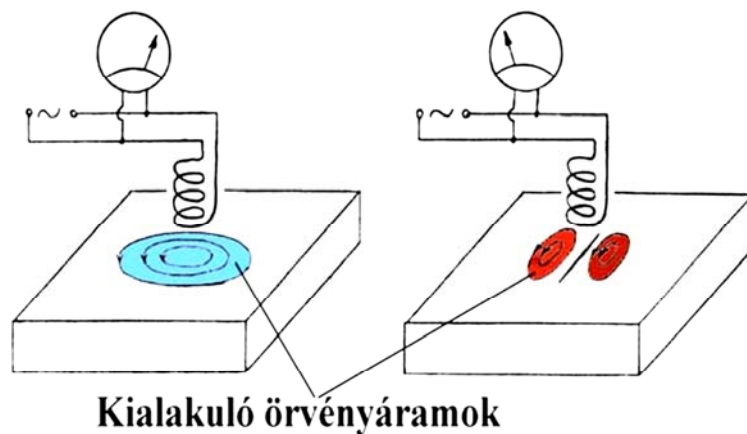
Örvényáramos vizsgálat



12. ábra. Az örvényáramos vizsgálat elve

Az örvényáramos vizsgálat az elektromágneses indukció elvén alapszik. Ha váltakozó árammal táplált tekercset fémtárgy közelébe helyezünk, akkor a fémtárgyban örvényáram keletkezik.

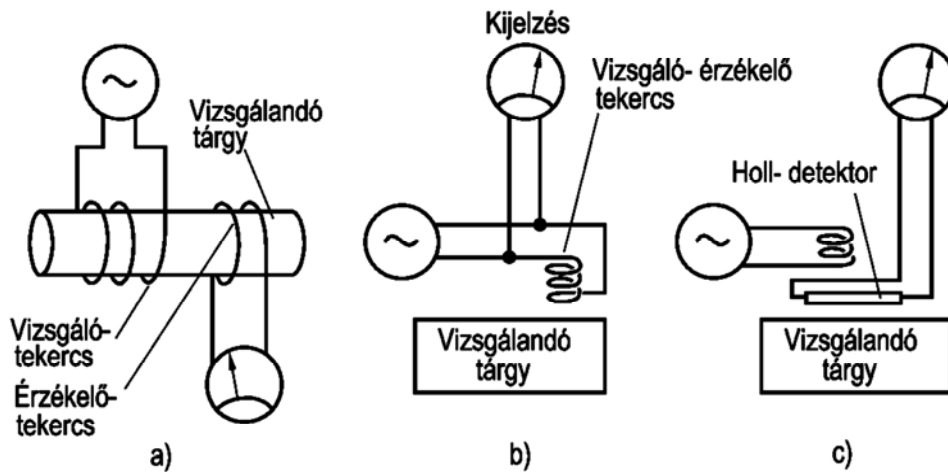
A vizsgálat során a vizsgálandó munkadarab felett, meghatározott távolságban, váltakozó árammal gerjesztett tekercset vezetnek végig. Ennek hatására a munkadarabban feszültség indukálódik, aminek hatására örvényáramok indulnak meg. Az örvényáramok visszahatnak a tekercs áramára, mint egy transzformátor szekunder árama a primer áramra. Ha a tekercs folytonossági hiány fölé ér, akkor nem alakulhat ki nagy örvényáram, így a vizsgálótekercsben kisebb áram folyik.



13. ábra. Örvényáram változása folytonossági hiány esetén

A tekercssel sorba kapcsolt műszer ezt a változást érzékeli és az eltérést kimutatja (14. ábra).

- a – vizsgálótekercses,
- b – önindukciós,
- c – mágneses reakciós.



14. ábra. Örvényáramos vizsgálati módszerek

Az örvényáram nagysága függ:

- az anyag fizikai tulajdonságaitól,
- a geometriai paramétereiktől,
- a folytonossági hiányoktól.

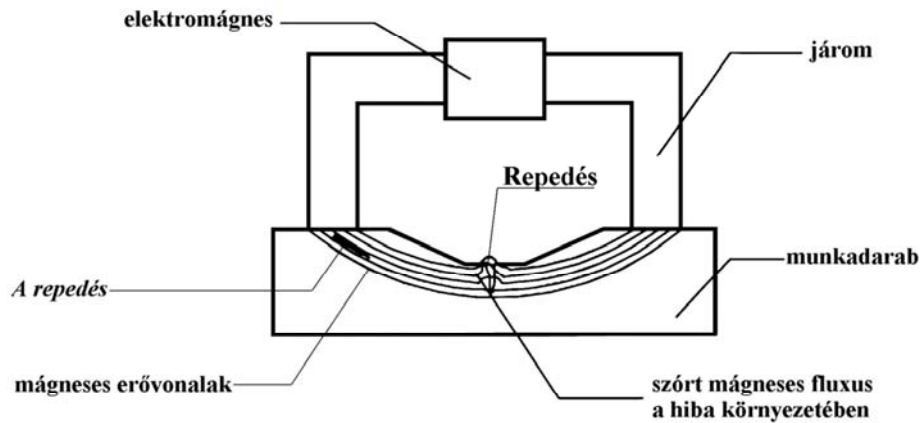
Az örvényáram intenzitása a felületen a legnagyobb, és az anyag belseje felé haladva fokozatosan csökken. A behatolási mélység a frekvencia függvénye.

Alkalmazási területek

- különböző alakú és méretű tömbök, lemezek, fém alkatrészek, csövek felületi, felület közeli hibáinak (repedések, varratok, zárványok, üregek stb.) kimutatásra, méretellenőrzésre, bevonatok rétegvastagságának mérésére,
- a vizsgálat kontaktus nélküli, nagyon gyors. Kis mérőszondákkal mm nagyságrendű repedések is biztonsággal jelezhetők,
- a módszer könnyen automatizálható, a kiértékelés számítógéppel történik, ezért használata egyre jobban terjed a gépiparban, a járműiparban a légi közlekedésben (repülőgépipar), az olajszállításban valamint az atomenergia ipar területén.

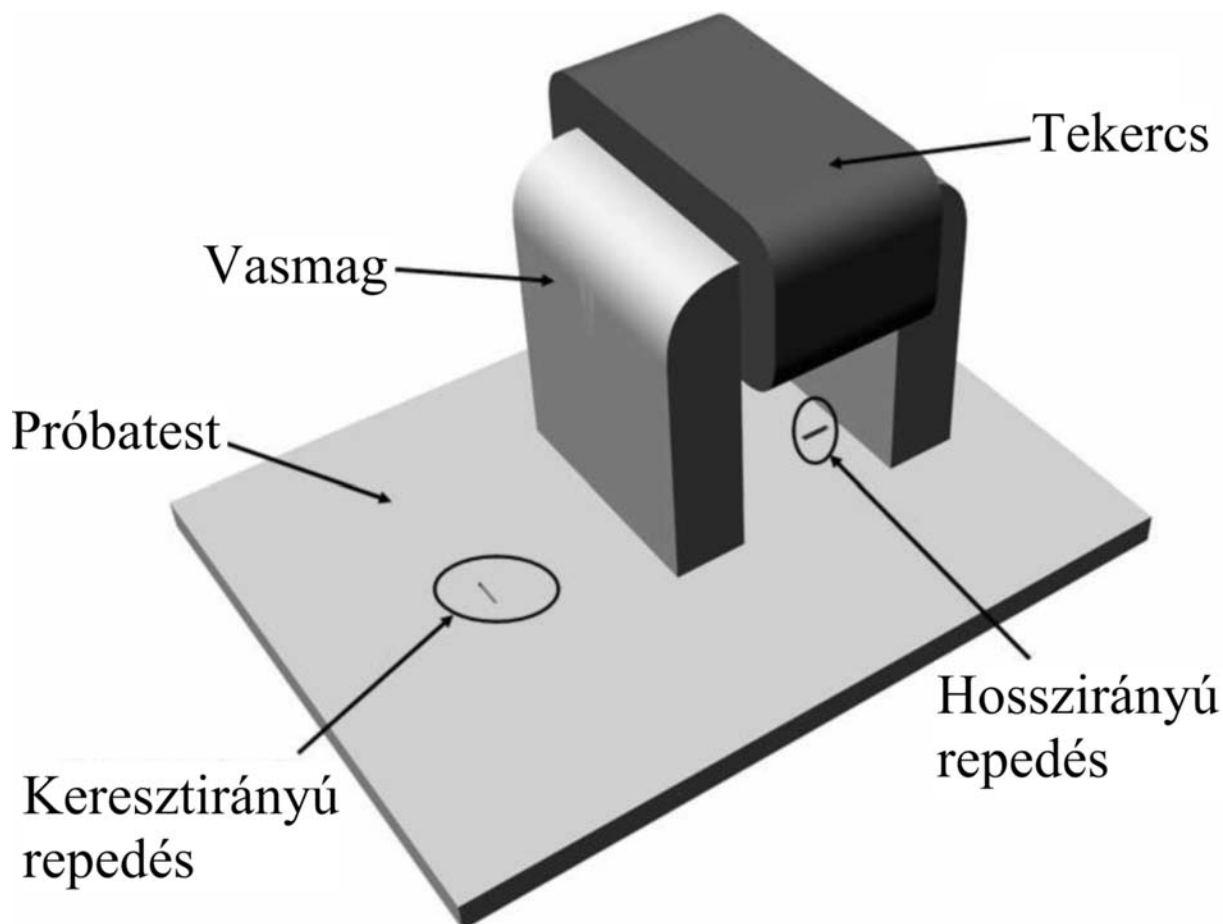
4. Mágneses repedésvizsgálat

A mágneses repedésvizsgálat célja a ferromágneses anyagok felülethez közeli, vagy felületre kifutó eltéréseinek meghatározása mágneses elv alapján. A vizsgálat azon alapul, hogy a felületi és felületközeli folytonossági hiányok a létrehozott mágneses tér erővonalait megzavarják.



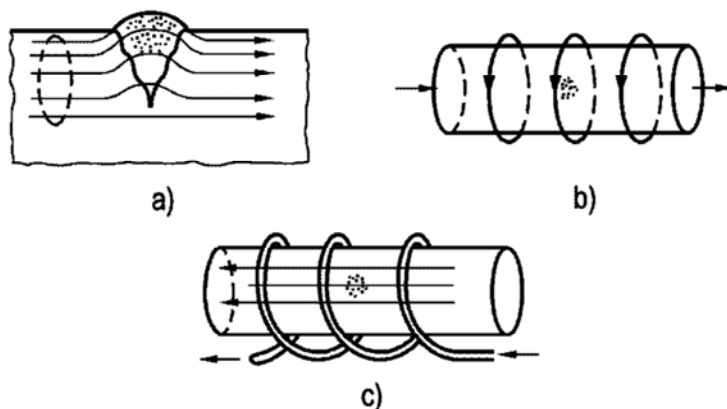
15. ábra. Mágneses repedésvizsgálat elve

A mágneses repedésvizsgálat során a ferromágneses anyagon (ferrites acélon, nikkelen vagy kobalton) mágneses áram folyik át. A mágneses áram útjában a vasanyagok csak nagyon kis ellenállást jelentenek, mivel a ferromágneses anyagok mágneses vezetőképessége (permeabilitása) 100...2000-szer nagyobb, mint a levegőnek. Ha egy ferromágneses anyag valamely keresztmetszetében felületszerű eltérés jelentkezik, akkor ezen a helyen a mágneses erővonalak elhajlanak, a mágneses tér kiszélesedik. Minél nagyobb az eltérés, annál nagyobb a mágneses vonalak elhajlása.



16. ábra. Mágneses repedésvizsgálat – repedések elhelyezkedése

Ha az eltérés a felülethez közel helyezkedik el vagy pedig kifut a felületre, akkor a mágneses erővonalak kilépnek a munkadarabból és útjukat a levegőben folytatják, ami az erővonalak útjában nagy mágneses ellenállást jelent. A vasporos vizsgálattal a felületre vasport, vagy pedig folyadék-szuszpenziót juttatnak, ami az eltérés helyén összesűrűsödik. Mivel a szürkésszínű vaspor a fémes felületeken nem jól látható, ezért a vizsgálandó felületre előzetesen vékony lakkréteget visznek fel, növelve ezzel a kontraszthatást. A megfelelő pozícióban lévő felületi és felülethez közeli hibákat (a hibák eltérő relatív permeabilitása miatt) a mágneses erővonalak kikerülik. Így a felületen szórt mágneses fluxus jön létre, amely úgy működik, mint egy kis helyi "mágnes" és magához vonzza a felületre felhordott vizsgálóanyagot. Így láthatóvá válik a hiba. Ez a művelet felesleges akkor, ha a mágneses erővonalak koncentrációját fluoreszkáló szerrel színezett ferromágneses porral mutatják ki.



17. ábra. Mágneses repedésvizsgálati módszerek

a – a hibajel létrejöttének elve:

- az eltérésnél a nyíllal jelzett mágneses erővonalak elhajolnak,
- a pöttyökkel jelzett mágnespor felhalmozódik.

b – hosszirányú mágnesezés:

- a mágneses erőter kör alakú,
- a tengelyirányú repedésben a mágnespor felhalmozódik.

c – keresztirányú mágnesezés

- a mágneses erőter hosszirányú,
- a palást kerülete mentén körbefutó repedésben a mágnespor felhalmozódik.

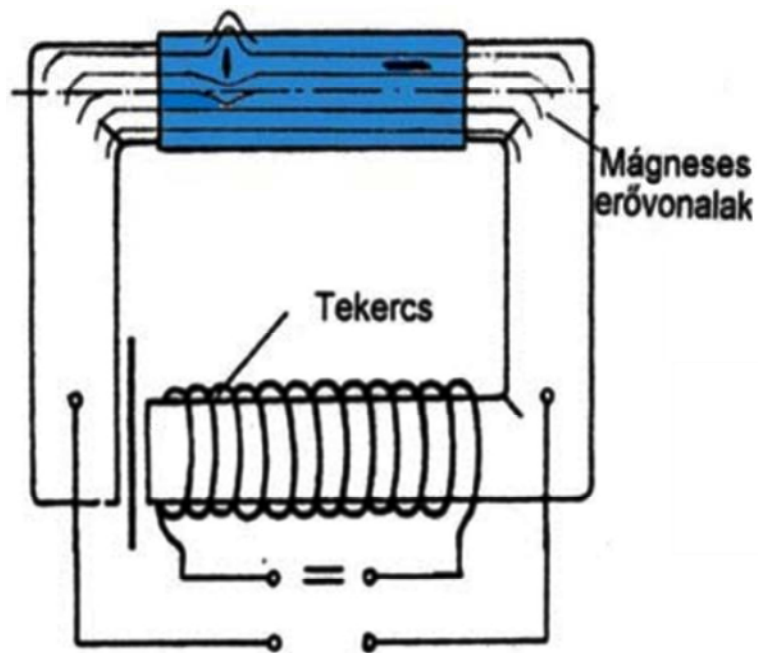
A mágnesezhető poros vizsgálatot főként acélszerkezetek-gyártásban alkalmazzák, mivel viszonylag egyszerű, gyors és nem túl költséges eljárás. Pl. sarokvarratok vizsgálatának ez az egyetlen, eredményesen alkalmazható eljárása.

Mágnesezési módok:

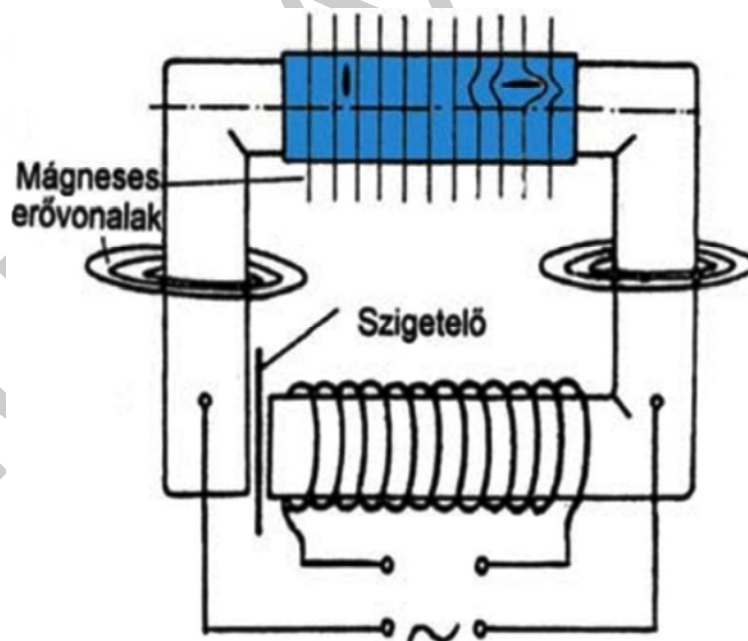
- A mágneses tér gerjesztése szerint (van-e gerjesztés a vizsgálat alatt vagy nincs):
 - folytonos,
 - remanens eljárás.
- A mágnesező áram fajtája szerint:
 - egyenáramú,
 - váltóáramú,
 - együtemű (félhullámú),
 - impulzusos(áramlökés).
- A mágneses tér jellege szerint
 - körkörös (gyűrűs),
 - hosszanti (sarok),
 - párhuzamos,

- spirál vagy torz mezejű.

A vizsgáló berendezések:



18. ábra. Hosszirányú mágneses terű



19. ábra. Keresztirányú mágneses terű



20. ábra. Kombinált mágnesezésű

A korszerűbb berendezésekben két, egymásra merőlegesen elhelyezett váltakozó árammal gerjesztett mágneset használnak. Mindkét esetben az eredő mágneses tér a váltóáram frekvenciájának megfelelően változtatja irányát, így bármilyen irányú hiba valamelyik időpillanatban merőleges, az erővonalakra, tehát kimutatható.



21. ábra. Hordozható mágneses repedésvizsgáló berendezés



22. ábra. Telepített mágneses repedésvizsgáló berendezés

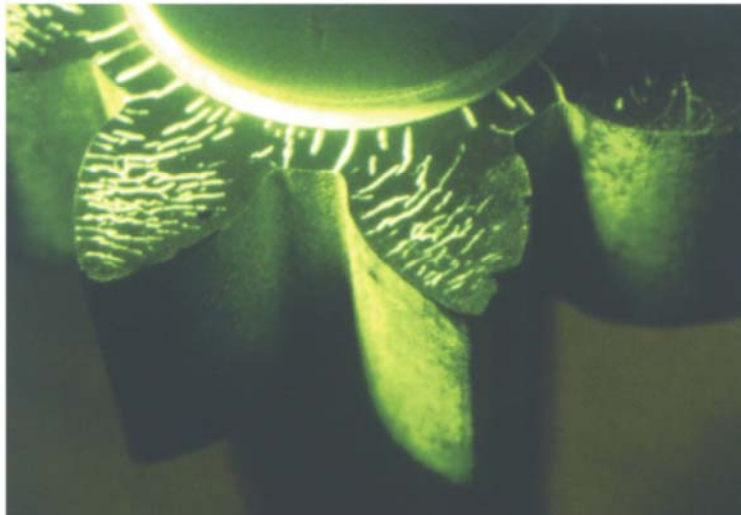
A vizsgálat végrehajtása:

- A munkadarab felületét alaposan elő kell készíteni:
 - a legnagyobb vizsgálati érzékenységhez fémtiszta, zsíros, olajos szennyeződésektől mentes felület szükséges,
 - átlagos vizsgálati érzékenység esetén egy vékony, jól tapadó festékréteg (nem fémtartalmú) még nem rontja jelentősen a hibakimutatást,
 - a vizsgálati felületről minden esetben el kell távolítani a revét, rozsdát, vastag festékréteget illetve egyéb bevonatokat, a lazán tapadó és a zsíros olajos szennyeződéseket,
 - a vizsgálati felületnek száraznak kell lennie.
- a vizsgálandó darabot mágnesesen telített állapotba kell hozni, azaz megfelelő irányú mágneses erőteret hozunk létre a vizsgálati felületen,
- felhordjuk a mágnesezhető port tartalmazó vizsgálóanyagot,
- megszüntetjük a gerjesztő teret, majd értékeljük a kialakult indikációkat. Ha a darabon a mágneses erővonalakkal szöget bezáró felületi hajszálrepedés van, az erővonalak kitérnek.

Változatai:

A ferromágneses tulajdonságú szemcsék színezése alapján:

- Fluoreszkáló mágnesezhető poros vizsgálat



23. ábra. Fluoreszkáló mágnesezhető poros vizsgálat

- Színkontrasztos (fekete-fehér) vizsgálat



24. ábra. Színkontrasztos (fekete-fehér) mágnesezhető poros vizsgálat

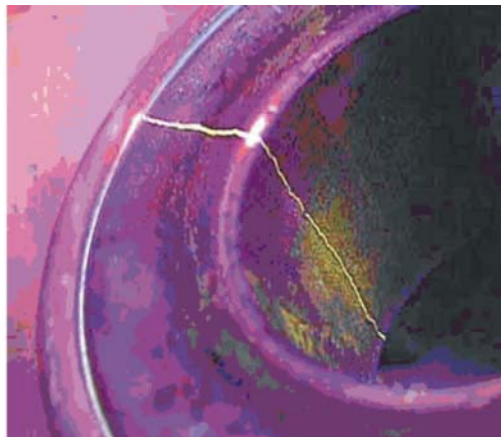
A ferromágneses tulajdonságú szemcséket hordozó közeg alapján:

- száraz vizsgálat: egyszerűbb és a felszín alatti repedéseknél a pontosabb eljárás,
- nedves vizsgálat: a vas (vagy egyéb ferromágneses tulajdonságú) szemcsék szuszpenzióban helyezkednek el.

Nedves vizsgálat esetén a szemcsék könnyebben be tudnak fordulni a repedés által eltérített erővonalak irányába. Emiatt ezen változat nagyobb felismerési pontosságot tesz lehetővé kisebb repedésméreteknél is.

Mágnesezhető poros vizsgálattal jól kimutatható hibák:

- a felületi és felület közeli folytonossági hiányok, porozitás,
- a mágneses erőter irányába kiterjedt méretű repedés, repedés jellegű hibák.



25. ábra. Edzett alkatrészen jól kimutatható hiba, fluoreszkáló eljárással



26. ábra. Edzett alkatrészen jól kimutatható hiba, fluoreszkáló eljárással 1.

A vizsgálat korlátai:

- általánosságban megállapítható, hogy a vizsgálattal csak olyan repedések találhatók meg, melyek hossza legalább háromszorosa a szélességnek
- csak ferromágneses anyagok vizsgálhatók vele, és csak a Curie-pont alatt (a Curie-pont az a hőmérséklet, amely felett az anyag elveszíti ferromágneses tulajdonságát; ez a hőmérséklet Fe esetében $T_C = 770\text{ °C}$),
- a vizsgálat során alkalmazott mágneses mező erővonalai 45– 90 fok közötti szöget zárjon be a repedés hossz tengelyével (kivétel kombinált mágnesezés esetén),
- a felületen lévő nem mágnesezhető bevonat maximum 0,075 mm-ig nem befolyásolja a vizsgálat hatékonyságát, ferromágneses anyagú bevonat csak 0,025 mm-ig engedhető meg,
- a vizsgálat kevésbé érzékeny a felületre nyitott nagyméretű térfogatos hibákra,

- a vizsgálat irányfüggő, szűk vizsgálati helyeknél problémás lehet a hozzáférés,
- felület alatti, 2mm-nél mélyebben fekvő hibák kimutatása csak speciális körülmények és eszközök alkalmazásával érhető el, igen jelentős érzékenység csökkenés mellett (5 – 6mm-nél mélyebben fekvő hiba semmilyen körülmények között nem detektálható).

A MUNKADARAB BELSEJÉBEN LÉVŐ ELTÉRÉSEK KIMUTATÁSÁRA ALKALMAS MÓDSZEREK

1. Radiográfiai vizsgálatok

Mérési elv:

- a különböző röntgen és γ - sugárforrások jó áthatoló képességgel rendelkeznek,
- a sugárzás intenzitása az anyagon áthaladva gyengül,
- egy adott kezdő intenzitású sugárzás gyengülésének a mértékét a sugárzás energia spektruma, az átsugárzott vastagság, az anyag és a távolság befolyásolják.

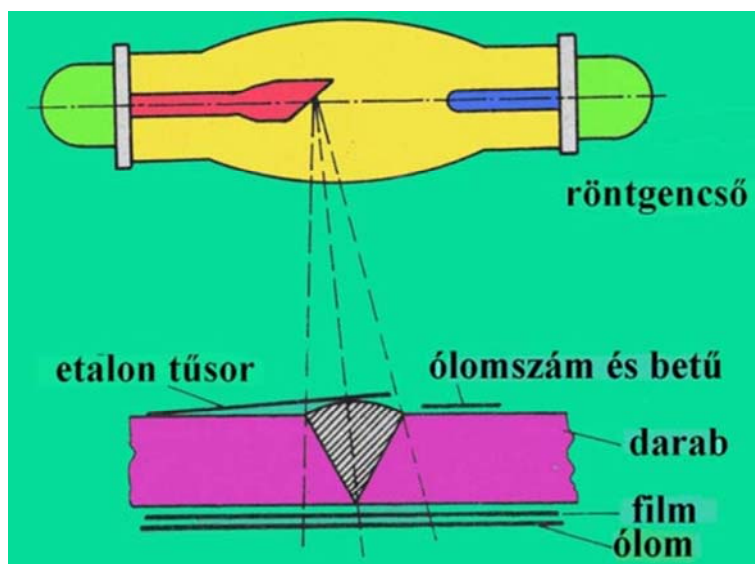
A radiográfiai vizsgálatok célja: az anyagban lévő eltérések kimutatása röntgensugárzással vagy izotóp gamma-sugárzásával készített filmfelvételen.

Alkalmazhatóság:

- azon eljárások, amelyekkel legbiztonságosabban fel tudjuk tárni a varratok belső folytonossági hiányait,
- térfogati (háromdimenziós) anyaghibák (üregek, zárványok) kimutatása egyszerűbb, síkszerű hibák (pl. repedés) kimutatása nehezebb,
- ha biztosak akarunk lenni, hogy nincs síkszerű hiba, akkor ultrahang vizsgálatot is alkalmazni kell.

1.1 Röntgen vizsgálat

A röntgen vizsgálat a gyártás minőségügyi folyamatában különleges helyet foglal el. A röntgensugarak olyan elektromágneses sugarak, mint a fény, vagy a rádióhullámok, csak rezgésszámukban (frekvenciájukban) tér el tőlük (nagyobb). A röntgen vizsgálat során egy ellenőrizhető sugárforrásból adott minőségű és mennyiségű röntgen sugárzás halad át a vizsgálandó tárgyon, és az így előállított képinformációt a vizsgálati zóna mögött elhelyezett film érzékeli.

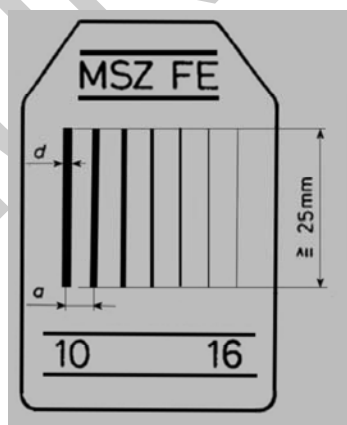


27. ábra. A Röntgen vizsgálat

Az eltérés helyén a sűrűség kisebb, mint a tömör fémé. Mivel az eltérő sűrűségű anyagok eltérő mértékben nyelik el a sugárzást, így feketébb vagy fehérebb folt jelenik meg a filmen. A salak-, ill. gázzárványok kimutatása egyszerű, repedések, kötéshibák, rétegesség azonban csak kedvező irányítottság esetén mutathatók ki.

A sugárforrás és a film egymáshoz viszonyított helyzetét meghatározza a munkadarab alakja, mérete, a sugárforrás fajtája.

A fényképezés helyességének ellenőrzésére a varrat mellé ólom tűsort helyezünk. A legkisebb átmérőjű még látható tű megmutatja, hogy mekkora a legkisebb, még kimutatható hiba. A tűsor mellé még különböző betűk és számok is kerülnek, melyek a varrat és a hegesztő azonosítását szolgálják.



- A hibaméret meghatározására
- Szabványos R10-es számsor:
- 1 : 3,2 mm 2 : 2,5
- 3 : 2,0 4 : 1,6
- 5 : 1,25 6 : 1,0
- 7 : 0,8 8 : 0,64
- 9 : 0,5 10 : 0,4
- 11 : 0,32 12 : 0,25
- 13 : 0,2 14 : 0,16
- 15 : 0,125 16 : 0,1

28. ábra. Etalon huzalsor Röntgen-vizsgálathoz

A felismerhető hibaméret függ a vastagság/hibaméret arányától, amely egy adott értéket nem léphet túl. 10 mm-nél kisebb anyagvastagság esetén normál esetben még felismerhető 0,1 mm-nél kisebb hiba.

Mivel az elkészített felvétel a vizsgált alkatrész egy adott irányú vetülete, ezért a hibának is vetületi képét nyerjük. A pontos hiba-meghatározáshoz többirányú felvétel készítése szükséges. A felvétel minősége döntő a vizsgálat pontossága tekintetében!

A röntgen vizsgálat fő alkalmazási területei:

- hegesztett kötések,
- öntvények,
- csapágyak stb. ellenőrzésére.

Az elkészített felvétel minőségét befolyásoló tényezők:

- az anyag minősége,
- a külső vagy geometriai életlenség, ami lényegében a nem pontszerű fókusz miatt a hiba körül képződő árnyék (csökkentése érdekében a filmet közvetlenül a darabra tesszük),
- film minősége (az ezüst- halogenid szemcsék nagysága, mert a durvább szemcsézet kevésbé éles képet ad,
- az expozíciós idő,
- a röntgenső feszültsége és a fűtőáram nagysága,
- a film és a sugárforrás egymástól való távolsága,
- a vizsgált tárgy és a film távolsága.

A röntgenvizsgálat előnyei:

- az eljárással az esetleges gáz- és salakzárványokról, egyéb eltérésről stb. pontos képet lehet kapni, ezáltal a kapott eredményeket az érvényes előírások által megengedett hibaértékkel össze lehet hasonlítani,
- a vizsgálat kiértékelését külön lehet választani a vizsgálatától, ezáltal az átvevőnek nem kell a vizsgálatnál jelen lennie,
- a vizsgálat minőségét, tehát a vizsgálat szakszerű lefolytatását a röntgenfilm alapján ellenőrizni és dokumentálni lehet,
- a sugármennyiség és sugárenergia jól beállítható,
- nem kell külön felületi előkészítés.

Hátrányai:

- kezelése az izotópos vizsgálatához képest nehezkesebb,
- kevésbé alkalmas panorámafelvevételek készítésére,
- működtetéséhez elektromos hálózatra és gyakran vízhálózatra van szükség,
- az acélszerkezet-gyártásban gyakran előforduló sarokvarratok radiográfiai vizsgálata meglehetősen nehéz, különösen nagyobb falvastagság esetén,

- a röntgensugár káros az egészségre, ezért használata csak szigorú előírások betartása és nagy óvatosság mellett történhet,
- lassú eljárás,
- komoly berendezés háttérigénye van.

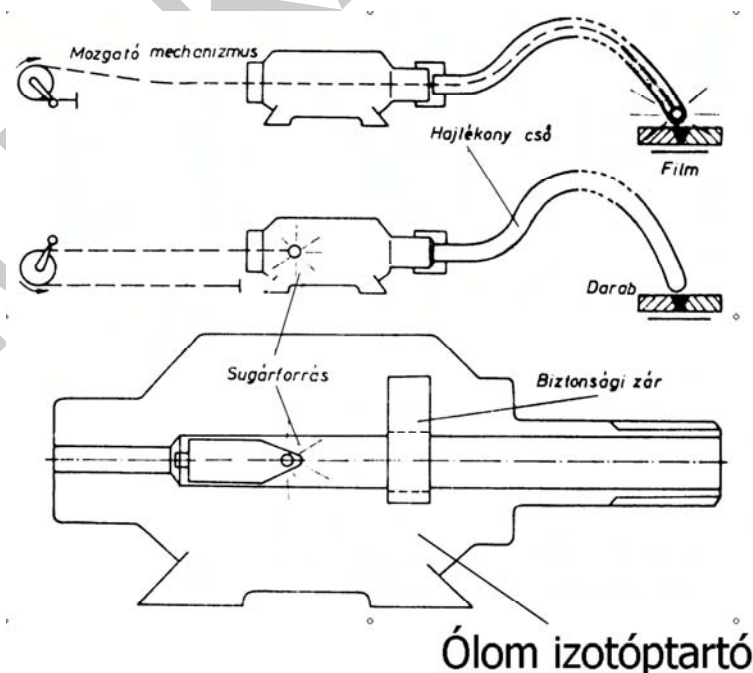
1.2. Gammasugár (izotópos) vizsgálat

Az eljárás nagyon hasonlít a röntgen eljáráshoz. A sugárzást nem kell előállítani, hanem sugárforrásként egy állandóan sugárzó izotópot (Ir – irídium 192, Co – kobalt 60 és Y – ittrium 169) használunk.

Eltérések a röntgen vizsgálattól:

- az izotóp hullámhosszúsága adott, nem befolyásolható, ezért a hibakimutatás nem olyan jó, mint a röntgen esetében,
- az izotóp folyton sugároz, intenzitása az idő függvényében csökken (felezési idő),
- az izotóp a tér minden irányába sugároz, tehát lehetővé teszi olyan felvételek elkészítését egyetlen lépésben, mint csövek körvarrata stb.,
- az izotópok általában keményebb sugárzók, így vastagabb anyagot lehet velük átvilágítani, de mivel az intenzitásuk kisebb, mint a röntgensugárzásé, az expozíciós idő hosszabb.

Az izotópokat ólomkazettában tároljuk. Sugárzása rendkívül veszélyes az emberre, ezért külön szabályokban rögzítettek szerint végezhető anyagvizsgálati módszer. Mivel az izotópok kezelésekor és szállításakor fennáll a sugárveszély, ezért különös gondossággal kell eljárni.



29. ábra. Izotópos vizsgálat

Az izotópos vizsgálat fő alkalmazási területei:

- elsősorban csövek, tartályok, kazánok hidak vizsgálatánál használják.

Az izotóp sugárforrás alkalmazásának előnye:

- kisebb helyszükséglet, könnyebb hordozhatóság,
- független az elektromos- és vízhálózattól,
- nehezen hozzáférhető helyen is elhelyezhető,
- a röntgensóhoz képest nagyobb átvilágíthatóságot ad (acéloknál kb. 300 mm),
- alkalmas csővezetékek folyamatos vizsgálatára,
- nem igényel energiaforrást,
- ún. panoráma felvételek készítésére alkalmas (pl. egy cső teljes körvarratáról a cső középpontjába helyezett izotóppal).

Hátránya:

- akisebb a kontraszt, nagyobb a külső illetve belső életlenség,
- a sugárforrás aktivitásának állandó csökkenése,
- hosszabb expozíciós idő,
- rosszabb hibafelismerhetőség,
- változó a sugárzás intenzitása (felezési idő),
- folytonos sugárzás (nem kikapcsolható),
- fokozottabb biztonsági intézkedés szükséges.

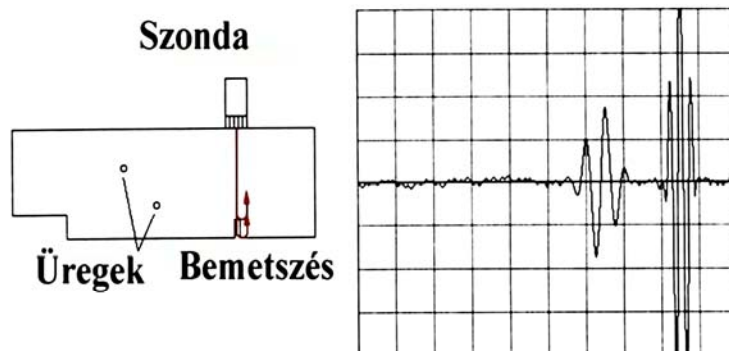
2. Ultrahangos vizsgálat

Az ultrahangos vizsgálat mérési elve:

A hanghullámok a fényhez hasonlóan az anyagokban elnyelődnek, ill. a felületről visszaverődnek. Az ultrahangos vizsgálat során az ultrahang azon tulajdonságait használjuk fel, hogy:

- különböző közegekben eltérő sebességgel halad,
- a más-más akusztikai sűrűségű anyag határához érve a hangnyaláb elhajlik, illetve visszaverődik,
- az egymástól eltérő távolságban lévő felületről a hullámok más-más időpillanatban, fázisban verődnek vissza.

A vizsgált anyagban terjedő nyomáshullámok útjába kerülő hibák megváltoztatják a hullámterjedés viszonyait. Ilyen eltérő akusztikai tulajdonságú anyag lehet a hegesztési varratban található esetleges zárvány (gáz vagy salak) illetve repedés. A hibátlan alkatrészek esetében csak a darab határfelületéről verődik vissza az ultrahang, amennyiben hibás részeket is tartalmaz az alkatrész, akkor a hiba felületéről is tapasztalhatunk visszaverődést. Ezen elveket használja ki az ultrahang-vizsgálat.



30. ábra. Különböző hibák elhelyezkedése az anyagban

Ultrahang jellemzői:

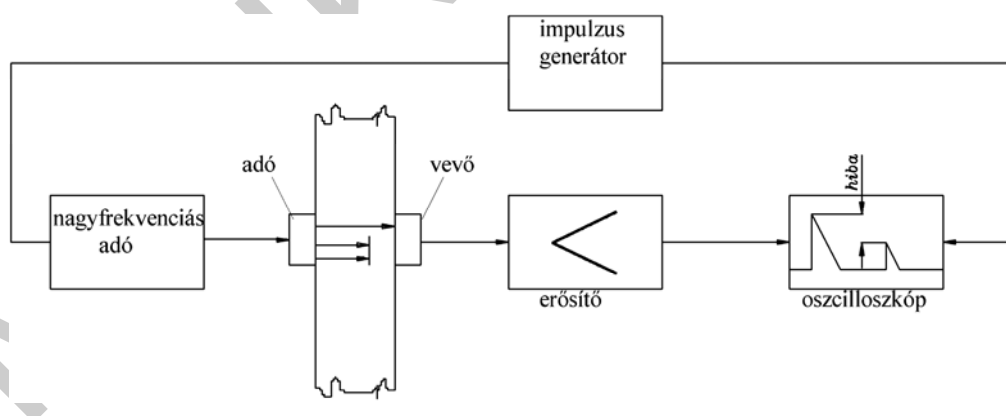
- frekvenciája (16 kHz – 100 MHz),
- előállítása (piezoelektromos gerjesztéssel vagy magnetostrikciós gerjesztéssel).

Ultrahangos vizsgálati módszerek:

- hangátbocsátás elvén alapuló eljárás,
- impulzus visszhang módszer.

A hangátbocsátás elvén alapuló módszer

Az adó – és vevőfejet a munkadarab ellentétes oldalaira csatolják. A két fejet párhuzamos előtolással mozgatják. Hibamentes darab esetén a vevő a gyengülő jelet érzékeli, míg hiba esetén visszaverődés lép fel, a vevő árnyékba kerül, a jelet nem érzékeli.



31. ábra. Hangátbocsátásos ultrahang-vizsgálat

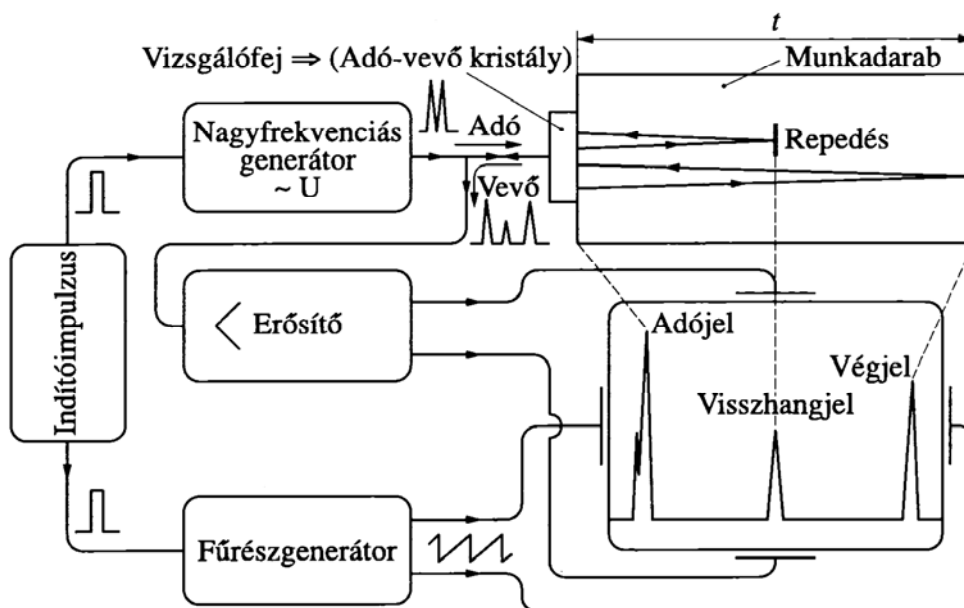
Alkalmazása: egymással párhuzamos lapú, vagy forgásfelületű darabok nagysorozatban végzett automatizált vizsgálatánál használják.

Jellemzője: nagyon érzékeny, de hátránya, hogy a hiba távolsága a felülettől nem határozható meg

Impulzus visszhang módszer

A vizsgálat célja a vizsgált anyagban lévő eltérések kimutatása impulzusvisszhang elvén. A fémben szinte akadálytalanul terjed a nyomáshullám, míg 0,001 mm vastag levegőréteg (repedés) már áthatolhatatlan akadályt jelent számára.

A vizsgálat során 2...5 MHz frekvenciájú hangrezgéseket állítunk elő. A rezgések hatékonyabb vezetése céljából a vizsgálandó darabot megfelelő csatoló közeggel (általában ásványi kenőzsírral, vagy pasztával) bekenik. A vizsgálófej adó és vevő (hangérzékelő) feladatokat lát el.



32. ábra. Impulzus visszhang elvű vizsgálat

Az adóból kilépő rezgések a „t” vastagságú munkadarabon áthaladva, annak hátoldaláról visszaverődnek. A visszavert jelet ugyanaz a fejelemény fogadja, s egy átalakító egységen keresztül az oszcilloszkóp képernyőjén megjelenik. Az adójel és visszhangjel (végjel) közötti távolság kétszeres lemeztvastagságnak, azaz „2t”-nek felel meg. Ha a képernyőn a végjel előtt további visszhangjel jelenik meg, akkor az anyagon belüli anyagszétválásra utal.

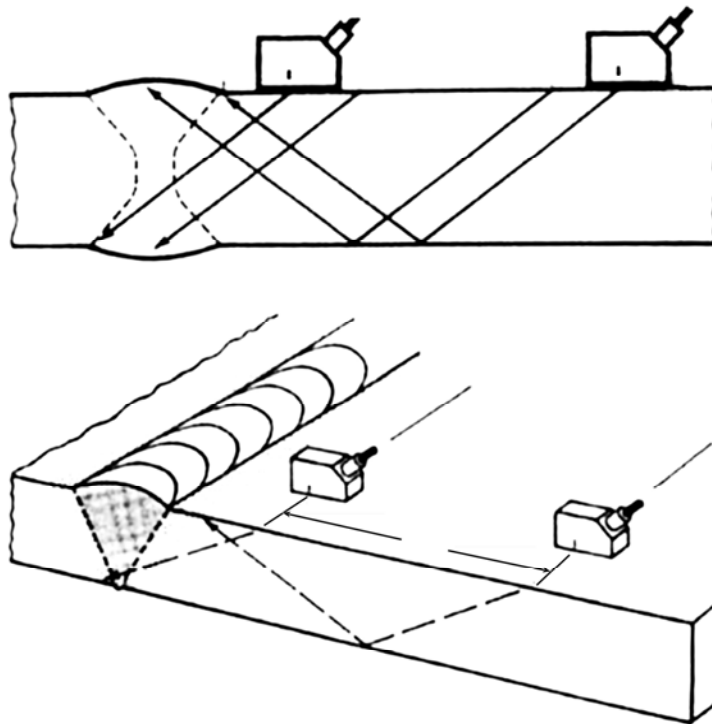
Az ultrahangos vizsgálatot különösen a vastag szerkezeti elemek (>20 mm acél) és ½ V vagy kettős V varratos T kötések belső (és mélyebben fekvő) eltéréseinek, továbbá lemezek és kész szerkezetek olyan eltéréseinek kimutatására használják, amelyek a munkadarabban elfoglalt helyzetük alapján más módszerrel nem mutathatók ki. Tompavarratok mellett vizsgálhatók az átlapoló kötések (korlátozottan), áthegesztett T kötések, csőelágazások mindaddig, amíg a falvastagság nagyobb, mint 8 mm (kedvezőbb, ha 12 mm). Sarokvarratokat ultrahanggal csak nehezen lehet és az egyértelműség érdekében több irányból kell vizsgálni.

Megfelelő vizsgálati feltételek mellett kimutatható:

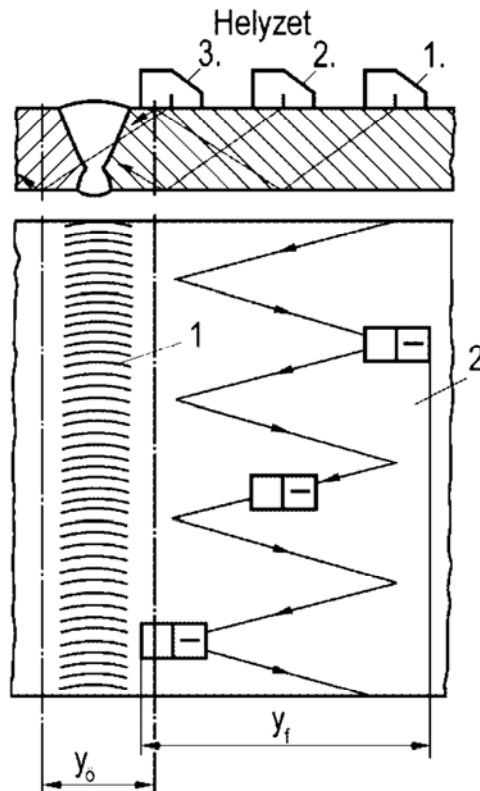
- a repedés,
- a nagyobb méretű gázpórus,
- helyi porozitás,
- nagyobb méretű zárvány,
- összeolvadási hiány,
- alapanyaghiba.

A vizsgálattal felismerhető hibaméret a hiba alakjától és méretétől függ: kb. 0,2 mm-es eltérés még felismerhető. Az olyan eltérések, amelyek az ultrahanghullámokat szórják, az ultrahang energiájának csak egy kis részét képesek a vizsgálófejbe visszajuttatni, és így a visszhangjel a képernyőn sokkal kisebb mértékben jelenik meg, mint az eltérés valóságos mérete.

Az egyenetlen varratfelület az ultrahangimpulzusok munkadarab felületére merőleges behatolását akadályozzák. Ezért a varratok vizsgálatára általában ún. ferdefejeket alkalmaznak, melynek mozgásával a teljes varratkeresztmetszet leellenőrizhető.



33. ábra. Hegesztett varrtok ultrahangos vizsgálata



34. ábra. Hegesztett varrtok ultrahangos vizsgálata

Az ultrahang-vizsgálat értékelésénél a szubjektív tényezők nehezítik az eredmények reprodukálását. A kijelzőn tapasztalható visszaverődési jelek és a hiba nagysága között nincs egyértelmű összefüggés, a jel amplitúdója sok tényezőtől függ.

Az ultrahangos vizsgálat eredményére ható legfontosabb befolyásoló hatások:

- a munkadarab mikroszerkezete,
- szemcseméret,
- a hiba távolsága a felülettől,
- a hiba alakja,
- a hiba elhelyezkedése (orientációja),
- mérési impedanciák különbsége,
- hullámforma (transzverzális, longitudinális).

A mérések során könnyen előfordulhat hamis hibajel, melyet a következő tényezők okozhatnak:

- mérőkészülék elektromos részeinek meghibásodása,
- adófej törése,
- légbuborék a csatolóközegben,
- a munkadarab bonyolult alakja,
- szemcsehatárok hatása,
- hullámforma változás,
- hegesztési varrat hőhatás övezete.

A vizsgálat során használt csatolóközeg minőségének ki kell elégíteni a következő követelményeket:

- nedvesítse mind a vizsgálófejet mind a vizsgált felületet,
- megakadályozza a levegő bekerülését a vizsgálófej és a vizsgált felület közé, szabad mozgást engedélyezzen a vizsgálófejnek,
- töltsön ki minden egyenetlenséget, hogy sima felszín álljon rendelkezésre a vizsgálat során,
- legyen könnyen használható, eltávolítható és ne károsítsa a felületeket,
- a réteg a lehető legvékonyabb legyen, hogy ne befolyásolja az ultrahang terjedési irányát.

Az ultrahangos vizsgálatok megbízhatósága a digitális technológia fejlődésével egyre növekszik. E technológia további előnye az adatok tárolásának, reprodukálhatóságának, adatok továbbításának terén tapasztalható.

Az ultrahang vizsgálat előnyei:

- nincs sugárveszély,
- nincs szükség sötétkamrára,
- az ultrahang készülék súlya kisebb,
- gazdaságosabb, mint a radiografiai vizsgálatok,
- a vizsgálat automatizálható,
- sokoldalúan felhasználható (falvastagság mérés, tengelyek vizsgálata, hegesztés, stb.),
- repedések és hasonló alakú hibák is kimutathatók.

Az ultrahang vizsgálat hátrányai:

- nincsen maradandó bizonyíték,
- a hiba fajtájára csak következtetni lehet,
- nem minden anyag vizsgálható (porózus, durvaszemcsés anyag nehezen vizsgálható),
- vékony lemezek (<4mm) vizsgálata nehézséget okoz,
- durva, vagy laza reveréteggel borított felületek nem vizsgálhatók.

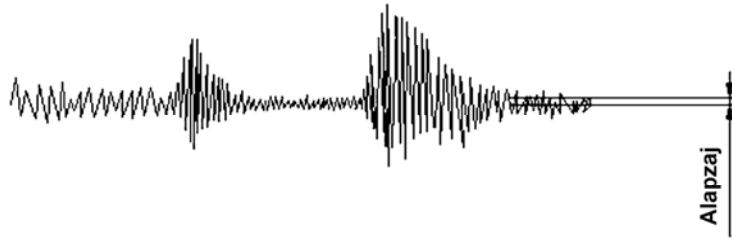
Alkalmazhatóság: síkszerű (kétdimenziós) hibák – repedések, rétegződés – kimutatására előnyös, térfogati hibák kimutatása nehezebb

3. Akusztikus emissziós vizsgálatok

Az anyagok repedése, törése hangjelenséggel jár.

A feszültség alatt lévő fémek is bocsátanak ki hangot, ha a hibahelyek környezete vagy szemcsehatárok egymáshoz viszonyítva elmozdulnak. Az impulzusszerű hangkibocsátás jóval a látható deformáció előtt megindul: a kibocsátott hanghullám frekvenciája 10 kHz és 1 MHz közé esik és az anyag felületén elhelyezett piezoelektromos érzékelőkkel felfogható.

Az akusztikus emisszió tehát olyan mechanikai hullám, amely az anyagban tárolt energia gyors felszabadulása során keletkezik.



35. ábra. Akusztikus hibajel

Megkülönböztethetünk:

- egyedi hangkitöréseket ill.,
- folyamatos akusztikus emissziós jeleket.

Akusztikus emisszió jön létre:

- alakváltozás hatására,
- az anyag kristálysíkjai elmozdulásának hatására (bár ez nagyon kis hangkibocsátással jár),
- fázisátalakulások pl. martenzites átalakulás során,
- repedés kialakulása vagy terjedése során,
- az anyag törése során,
- szivárgás hatására.

Alkalmazási területei:

- a terhelés alatt lévő szerkezetek vizsgálatánál, a felületen egyidejűleg több érzékelő elhelyezésével annak megállapítására, hogy mikor és hol keletkezik az anyagban repedés illetve, hogy a repedés terjed-e,
- csővezetékek vagy tartályok szivárgásmérésére és a szivárgás helyének megállapítására,
- ismételt igénybevételnek kitett nagyméretű szerkezetek (pl. nyomástartó edények, reaktor tartályok) folyamatos ellenőrzésére.

Jellemzői, előnyei:

- nem kell négyzetcentimétertől négyzetcentiméterre ellenőrizni a szerkezetet,
- nem kell felületet vagy mélységet vizsgálni, hogy a hibáról információt szerezzünk,
- még nagyméretű objektumon is elég néhány vagy néhány tucat érzékelő, hogy a hanghullámokat érzékeljük, és a forráshelyet azonosítsuk,
- vizsgálhatók olyan helyek is, amelyek a hagyományos módszerekkel nem ellenőrizhetők,

- olcsó, gyors, a vizsgálat üzem közben is végezhető.

Hátrányai:

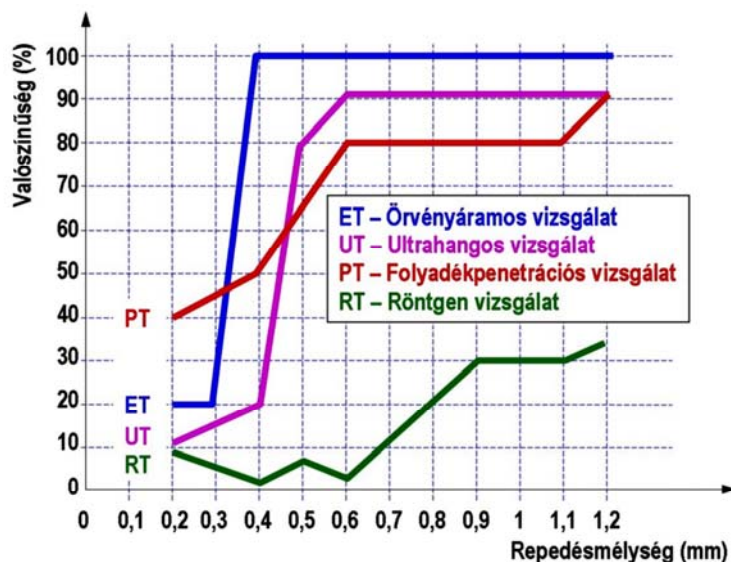
- a talált hiba jellegét, alakját, nagyságát nem lehet közvetlenül meghatározni. (Ezért a komplett állapotfelmérés érdekében sok esetben célszerű az akusztikus emissziós hibatérkép alapján röntgenvizsgálatot vagy ultrahang vizsgálatot végezni),
- jellegéből adódóan a jel egyszeri, nem reprodukálható,
- a mérésnél nagyon fontos a zaj-és zavaró jelek minél jobb kiszűrésére.

A RONCSOLÁSMENTES VIZSGÁLATOK ÖSSZEFOGLALÓ ÖSSZEVETÉSE

A különböző említett vizsgálati eljárások közül egyik sem alkalmazható tökéletes biztonsággal, és várhatóan nem is fogják a fejlesztések során elérni ezt az ideális szintet. Az üzemeltetők egyetlen lehetősége a tények, tapasztalatok figyelembe vételével, a megbízhatóság szem előtt tartásával végezni ellenőrzéseiket. A gyártás és működés közbeni vizsgálat fontos eszköz a megbízhatóság növelésére. A pontos vizsgálatok érdekében a helyes módszer kiválasztása döntő, bár sok esetben anyagi lehetőségek is befolyásoló hatást fejtenek ki.

Az üzemeltetett gép szerkezeti integritásának megítélésében a vizsgálatok eredményei alapvetőek, bár ezen eredmények viszont a vizsgáló személy felkészültségét is tartalmazzák. Elmondható tehát, hogy a valóban pontos vizsgálati végeredmény nem egyszerűen egy mérési eredmény, hanem ELJÁRÁS – ESZKÖZ – VIZSGÁLÓ SZEMÉLY rendszer helyes összeállításának eredménye.

A módszer kiválasztáshatásának hatását szemléltetendő a következő összevetés látható a 36. ábrán



36. ábra. Különböző vizsgáló eljárások megbízhatósági összevetése

Ahhoz, hogy a roncsolásmentes vizsgálatok eredményeit a szerkezeti integritás megítélésében felhasználhassuk, meg kell tudnunk válaszolni a következő kérdéseket:

- Egy bizonyos határ fölötti méretet minden esetben ki tudunk-e mutatni?
- Milyen pontosak a kapott hosszúsági és mélységi méretek?
- Mi a felismerési valószínűsége egy bizonyos méretű hibának?
- Milyen pontossággal tudjuk a hiba helyét meghatározni?
- Milyen pontossággal tudjuk a hiba típusát meghatározni?
- Milyen pontossággal tudjuk a hiba méretét meghatározni?
- Milyen valószínűséggel kapunk hibás jelzést?

Az ismertetett megfontolások, a bemutatott eredmények és tapasztalatok birtokában az alábbi megállapítások tehetők:

- A törésmechanika elvek következetes alkalmazásával lehetőség van a különböző repedésszerű hibák veszélyességének számszerű jellemzésére és ezáltal azok veszélyességének egyértelmű rangsorolására.
- A felületi hibák számottevően veszélyesebbek, mint a belső hibák.

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

1. Sorolja fel, hogy mely vizsgálatok alkalmasak a munkadarab felületén lévő hibák kimutatására?
2. Sorolja fel, hogy milyen információk nyerhetők vizuális vizsgálatokkal és mik a vizsgálatok elvégzésének korlátai?
3. Az oktatója által átadott munkadarabon végezzen el vizuális (szemrevételezéses vizsgálatot)!

- készítse elő a munkadarabot a vizsgálathoz,
 - végezze el a szemrevételezéses vizsgálatot,
 - csoportosítsa és elemezze a feltárt hibákat,
 - a vizsgálatról készítsen mérési jegyzőkönyvet az intézményben rendszeresített formanyomtatványon!
4. Ismertesse, hogy milyen területeken alkalmazzák a folyadékbehatolós vizsgálatot?
 5. Ismertesse a folyadékbehatolós vizsgálati technológiát!
 6. Sorolja fel, hogy milyen általános előírások vonatkoznak a folyadékbehatolós vizsgálatra?
 7. Sorolja fel, hogy mely vizsgálatok alkalmasak a munkadarab belsejében lévő hibák kimutatására?
 8. Az oktatója által átadott munkadarabon végezzen el mágneses repedésvizsgálatot!
 - készítse elő a munkadarab felületét mágneses repedésvizsgálathoz,
 - végezze el a mágneses repedésvizsgálatot,
 - végezzen hibafeltárást,
 - a vizsgálatról készítsen mérési jegyzőkönyvet az intézményben rendszeresített formanyomtatványon!
 9. Sorolja fel, hogy milyen anyagoknál alkalmazható az örvényáramos vizsgálat?
 10. Soroljon példákat röntgenvizsgálat gyakorlati alkalmazására!
 11. Ismertesse, hogyan lehet egy hegesztett kötésben lévő eltéréseket röntgenvizsgálattal kimutatni?
 12. Sorolja fel, hogy hol alkalmazzák a gyakorlatban az izotópos vizsgálatokat?
 13. Ismertesse az ultrahangos vizsgálat elvét!
 14. Mit jelent az Impulzusvisszhang elvű vizsgálat?
 15. Ismertesse, hogy mi az elve az akusztikus emissziós vizsgálatnak?

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Mit nevezünk vizuális vizsgálatnak?

2. feladat

Mitől függ a folyadékbehatolási vizsgálat hatékonysága?

3. feladat

Milyen adatokat kell megadni a folyadékbehatolási vizsgálati jegyzőkönyvben?

4. feladat

Mit értünk roncsolásmentes vizsgálatokon?

5. Feladat

Sorolja fel a penetrációs vizsgálat lépéseit!

6. Feladat

Milyen anyagoknál alkalmazható a penetrációs vizsgálat?

7. feladat

Mi az elve az örvényáramos vizsgálatnak?

8. feladat

Készítsen vázlatot a röntgen vizsgálatról! Nevezze meg a fő részeket!

9. feladat

Miben tér el a röntgen és az izotópos vizsgálat?

10. feladat:

Miben tér el a hangátbocsátás elvén alapuló módszer az impulzus visszhang módszertől?

MEGOLDÁSOK

1. feladat

Azokat a vizsgálatokat, amelyek az anyagok külső felületén lévő eltéréseket közvetlenül, optikai segédeszköz, optikai átalakító berendezés segítségével, szabad szemmel vagy képfeldolgozó rendszer segítségével végzünk, az anyag felületének megváltoztatása nélkül

2. feladat

A folyadékbehatolásos vizsgálat hatékonysága számos tényezőtől függ, például:

- a vizsgálószerek és a vizsgálóberendezés típusától
- a felület előkészítésétől és állapotától
- a vizsgálandó anyagtól és a várható folytonossági hiányoktól
- a vizsgálati felület hőmérsékletétől
- a behatolási és előhívási időtől
- a szemrevételezési feltételektől

3. feladat

A vizsgálati jegyzőkönyv tartalmazza a következő adatokat a vonatkozó szabványra való hivatkozással:

- a vizsgálandó alkatrészre vonatkozó adatok: megnevezés, méretek, anyag, felületi állapot, gyártási fázis
- a vizsgálat célja
- az alkalmazott vizsgálószerek megnevezése szakasz szerint, megadva a gyártó nevét és a termék megnevezését, továbbá az adagszámot
- vizsgálati utasítások
- a vizsgálati utasításoktól való eltérések
- vizsgálati eredmények (az érzékelt folytonossági hiányok leírása)
- a vizsgálat helye, időpontja és a vizsgáló neve
- a vizsgálatot felügyelő minősítése és aláírása

4. feladat

Azokat a vizsgálatokat, amelyek az anyagok külső és belső hibáinak az ún. rejtett hibáknak a kimutatására szolgálnak annak károsodása, sérülése nélkül, roncsolásmentes vagy hibakereső vizsgálatoknak nevezzük

5. feladat

A munkadarab előkészítése és tisztítása
szárítás
jelzőfolyadék felvitele
előhívás
vizsgálat
regisztrálás
utótisztítás

Megismételt vizsgálat
Jegyzőkönyv készítés

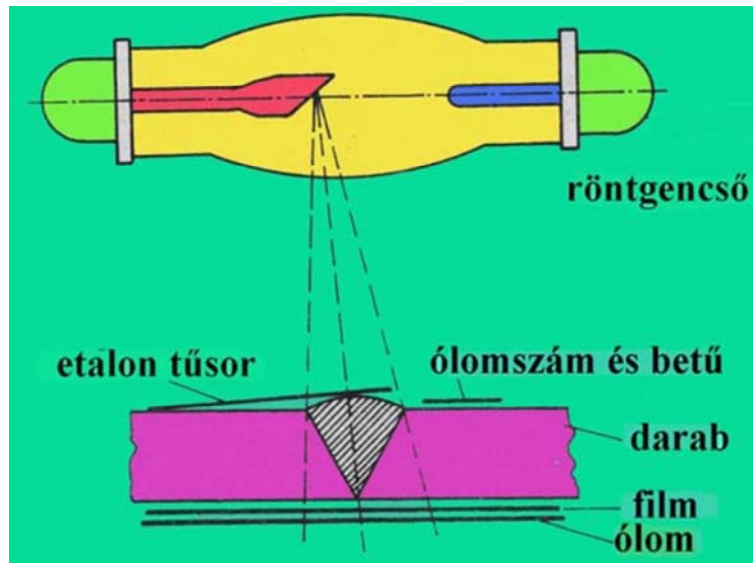
6. feladat

Az eljárást elsősorban fémekre alkalmazzák, de más anyagok esetében is alkalmazható, feltéve, hogy semlegesek a vizsgálószerekkel szemben, és nem túlzott mértékben porózusak

7. feladat

A vizsgálat során a vizsgálandó munkadarab felett, meghatározott távolságban, váltakozó árammal gerjesztett tekercset vezetnek végig. Ennek hatására a munkadarabban feszültség indukálódik, aminek hatására örvényáramok indulnak meg. Az örvényáramok visszahatnak a tekercs áramára, mint egy transzformátor szekunder árama a primer áramra. Ha a tekercs folytonossági hiány fölé ér, akkor nem alakulhat ki nagy örvényáram, így a vizsgálótekercsben kisebb áram folyik

8. feladat



37. ábra. Röntgen vizsgálat

9. feladat

Az izotóp hullámhosszúsága adott, nem befolyásolható, ezért a hibakimutatás nem olyan jó, mint a röntgen esetében
az izotóp folyton sugároz, intenzitása az idő függvényében csökken, (felezési idő)
az izotóp a tér minden irányába sugároz, tehát lehetővé teszi olyan felvételek elkészítését egyetlen lépésben, mint csövek körvarrata stb
az izotópok általában keményebb sugárzók, így vastagabb anyagot lehet velük átvilágítani, de mivel az intenzitásuk kisebb, mint a röntgensugárzásé, az expozíciós idő hosszabb

10. feladat

Az adó - és vevőfejet a munkadarab ellentétes oldalaira csatolják. A két fejet párhuzamos előtolással mozgatják. Hibamentes darab esetén a vevő a gyengülő jelet érzékeli, míg hiba esetén visszaverődés lép fel, a vevő árnyékba kerül, a jelet nem érzékeli.

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Bagyinszki Gyula – Galla Jánosné – Harmath József – Jurcsó Péter – Kerekes Sándor–Tóth László: Mérési gyakorlatok – KIT Képzőművészeti Kiadó és Nyomda Kft – Budapest 1999

Benki Lajos: Alapmérések II. (Anyagvizsgálatok)– Dinastia Kiadó–Ház Rt.; Budapest, 2000

Frischherz – Skop: Fémtechnológia 1.– B+V Lap- s Könyvkiadó; Budapest, 1997

Dr. Gáti József: Hegesztési zsebkönyv – COKOM Kft., Miskolc, 2003

Gregor Béla – Simon Győző: Műszaki mérések – Műszak Könyvkiadó – Budapest; 2004

Dr. Márton Tibor – Plósz Antal – Vincze István: Anyag- és gyártásismeret a fémipari szakképesítések számára; KIT Képzőművészeti Kiadó és Nyomda Kft – Budapest

Nádasy Ferenc: Alapmérések – Anyagvizsgálatok – Nemzeti Tankönyvkiadó – Budapest; 2001

Dr. Zorkóczi Béla: Metallográfia és anyagvizsgálat; Tankönyvkiadó; Budapest, 1980

Tóth László – Serge Crutzen: Roncsolásmentes vizsgálatok, azok megbízhatósága és következményei – Roncsolásmentes vizsgálati módszerek; Miskolci Egyetem; 1999

A felületi technológiák vizsgálati módszerei – PP prezentáció; Széchenyi István Egyetem; Győr –

Gyenes Gábor – Svehlik János: A roncsolásmentes anyagvizsgálatok szerepe és jelentősége légjárművek állapotfelmérésében, üzemidő hosszabbításában és állapot szerinti üzemeltetésében;

Dr. Palotás Béla – Dr. Éva András: Roncsolásmentes anyagvizsgálat (Hibakereső vizsgálatok); PP prezentáció; BME; Budapest –

Dr. Békési László – Kavas László – Vonnák Iván Péter: Roncsolásmentes anyagvizsgálati módszerek tapasztalatai;

AJÁNLOTT IRODALOM

Bagyinszki Gyula – Galla Jánosné – Harmath József – Jurcsó Péter – Kerekes Sándor–Tóth László: Mérési gyakorlatok – KIT Képzőművészeti Kiadó és Nyomda Kft – Budapest 1999

Benki Lajos: Alapmérések II. (Anyagvizsgálatok)– Dinastia Kiadó–Ház Rt.; Budapest, 2000

Nádasy Ferenc: Alapmérések – Anyagvizsgálatok – Nemzeti Tankönyvkiadó – Budapest; 2001

Gregor Béla – Simon Győző: Műszaki mérések – Műszak Könyvkiadó – Budapest; 2004

MUNKANYAG

A(z) 0225-06 modul 011-es szakmai tankönyvi tartalomeleme
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
31 521 02 0000 00 00	CNC-forgácsoló
31 521 09 1000 00 00	Gépi forgácsoló
31 521 09 0100 31 01	Esztergályos
31 521 09 0100 31 02	Fogazó
31 521 09 0100 31 03	Fűrészipari szerszámélező
31 521 09 0100 31 04	Köszörűs
31 521 09 0100 31 05	Marós
33 521 08 0100 31 01	Szíkraforgácsoló
33 521 08 0000 00 00	Szerszámkészítő

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
30 óra

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv
TÁMOP 2.2.1 08/1–2008–0002 „A képzés minőségének és tartalmának
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet
1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210–1065, Fax: (1) 210–1063

Felelős kiadó:
Nagy László főigazgató