

3. Ha a repedést figyelembe vesszük, de helytelenül, statikus igénybevételre méretezzük, mennyire adódik a biztonsági tényező?

$$n_2 = ?$$

4. Milyen lényeges megállapítások tehetők a 2. és a 3. kérdés alapján?

12. Fárasztóvizsgálat

Az ismétlődő igénybevételnek kitett szerkezetek gyakran olyankor is meghibásodnak, ha az igénybevétel nem éri el a folyáshatár értékét.

Ezen igénybevétel hatására az anyagon belül mikroszerkezeti változások következhetnek be, melyek repedésekhez vezetnek, a repedés növekedhet, végül bekövetkezhet a törés. A folyamatot az anyag kifáradásának nevezzük, a törést fáradsági törésnek.

Valamely anyag, szerkezet ismétlődő igénybevételi viselkedéséről fárasztóvizsgálattal lehet meggyőződni. Jelen gyakorlati utmutatóban

- a vizsgálati technikáról,
- a statisztikus kiértékelésről,
- a gyorsfárasztásról és a
- biztonsági diagramok alkalmazásáról kívánunk ismertetést adni.

12.1 Vizsgálati technika

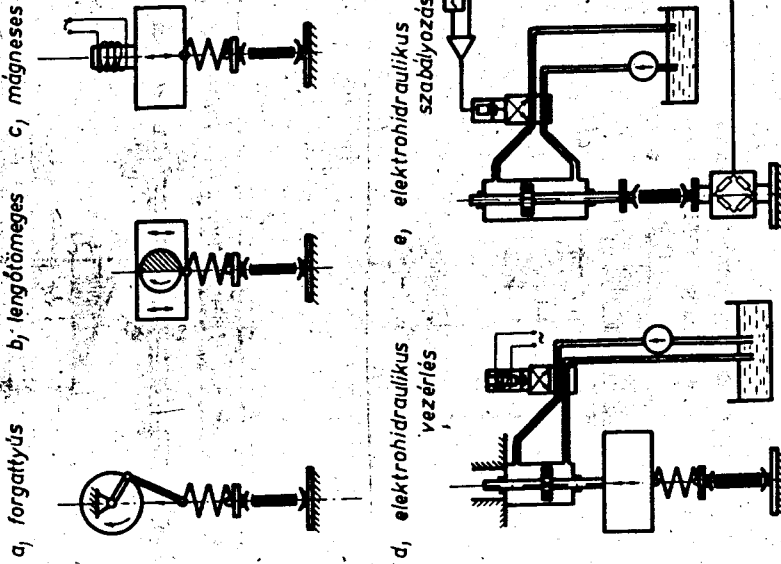
12.1.1. Terhelési módok

Az üzemelő szerkezet ismétlődő igénybevétele leggyakrabban húzó-, nyomó, hajlító, vagy csavaró jellegű. Ezek időbeli változása a legkülönbözőbb lehet. A 12.1. ábra példaképpen egy repülőgép szárnyra ható erőhatások spektrumát mutatja az igénybevételek tényleges ismétlődésével és az egyszerűsített modelljével. A terhelési spektrumok felvétele elektronikus úton, pl. mérőbéllyes méréssel valósíthatjuk meg. E mérésből lehet megállapítani a terhelési szinteket, az ismétlődés frekvenciáját és számát, és ez lehetőséget ad az egyszerűsített modell megalkotására.

Az ismétlődő igénybevételeket leggyakrabban szinuszos jelalakokkal modellezzük. A terhelés típusát a 12.2. ábrának megfelelően csoportosíthatjuk.

12.1.2. Fárasztási elvek, fárasztógépek

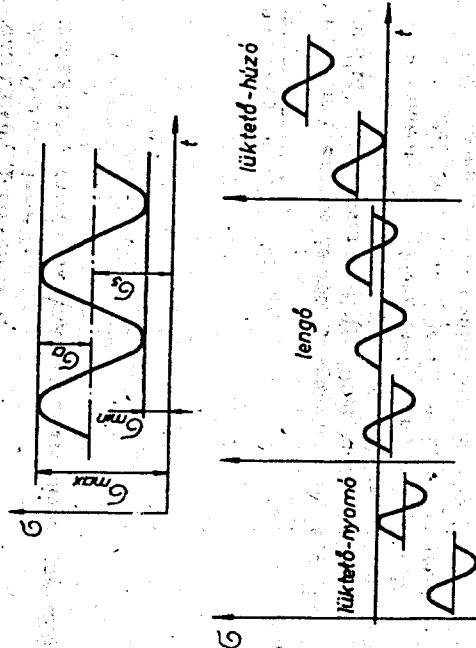
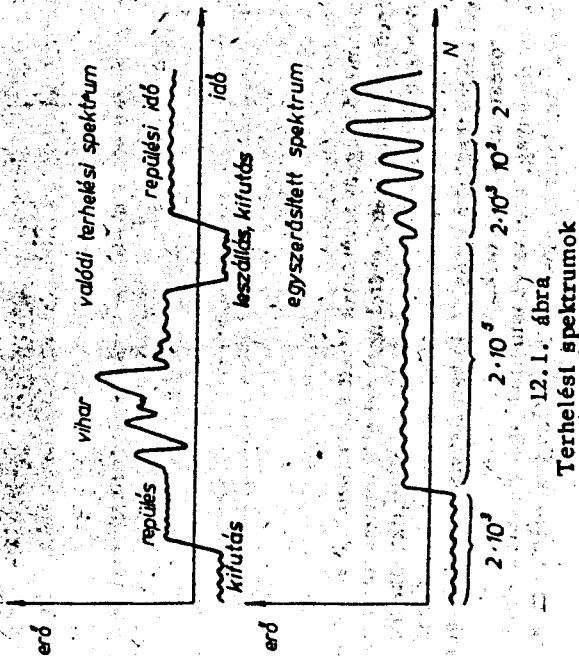
A húzó-nyomó ismétlődő igénybevételek megvalósítására szolgáló anyagvizsgáló gépeket pulzátoroknak nevezzük. A pulzátorok leggyakrabban olyan szakítógépek, melyekkel a terhelés időben periódikusan változtatható. A fárasztási elvekre a 12.3. ábrán mutatunk néhány példát.



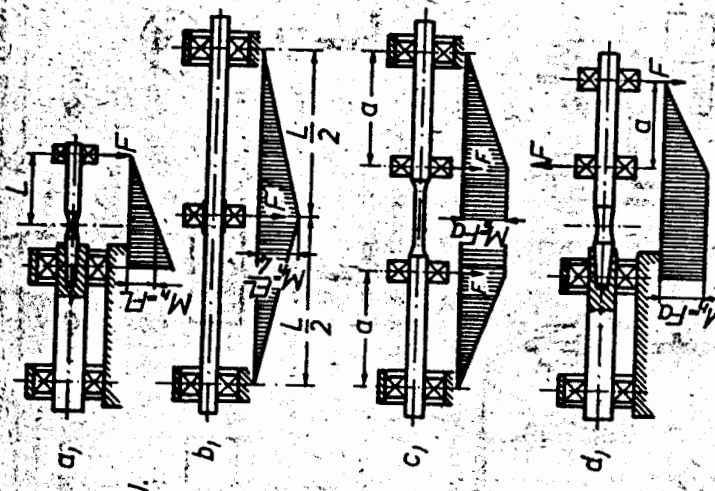
12.3. ábra
Fárasztási elvek

Az ábrán láthatunk olyan fárasztási elveket is melyek szakítógépen nem valósíthatók meg, külön gépkialakítást igényelnek. Az a/ és b/ ábra részlet az excitációs fárasztógépek elvét mutatja. Ezek 10-50 Hz frekvenciával működnek, maximálisan 10-50 kN terhelésig alkalmazhatók.

Nagyon gyors terhelésváltakozás váltófáramu elektromágnes alkalmazásával valósítható meg (c) ábra részlet. Ez esetben a frekvencia 1000 Hz



le lehet. Hártyája a megoldásnak a kis terhelhetősége. A d_1 és az e_1 ábrák elvei alapján működő pulzátorok nagy terhelésekre alkalmasak. Az ismétlődő igénybevételt ezeknél pulzáló olajnyomásítja. A d_1 ábra részlet az elektromechanikus vezérlésre, az e_1 ábrarészlet a szabályozásra mutat példát. A 12.4. ábrán a forgó-hajtató fárasztógépek terhelés módjai láthatók.



12.4. ábra
Forgó-hajtató fárasztások

12.2 A fárasztóvizsgálatok statisztikus értékelése

A fárasztóvizsgálatok adatainak klasszikus értékeléséhez meg kell határozni a jellemző terhelés és a hozzátartozó folyási ismétlődési szám kapcsolatot, fel kell venni a Wöhler diagramot. Elméleti megfontolásokkal igazolható, hogy az eredményt sok tényező befolyásolja: a törési ciklusszám és a kifáradási határ valószínűségi változóként kezelhető. Ilyenformán a kért értékelés megbízható formáját a matematikai statisztika adja.

12.2.1. Az élettartam meghatározása

A gyakorlati utmutató 1. témájára építve, az alábbiakban példán keresztül mutatjuk be a kiértékelés módját.

1. példa

Forgó-hajtató fárasztást végeztünk $\sigma_a = 325 \text{ N/mm}^2$ amplitudójú feszültség szinten lengő igénybevételi terheléssel 9 db próbatesten. Vizsgálati eredményeinket a 12.1. táblázat tartalmazza.

12.1. táblázat

Fárasztási adatok az élettartam kiértékeléséhez

Próba jele	Törésig elviselt ismétlődési szám (N)	$\lg N$
1	$4,27 \cdot 10^5$	
2	$10,76 \cdot 10^5$	
3	$7,87 \cdot 10^5$	
4	$5,70 \cdot 10^5$	
5	$5,80 \cdot 10^5$	
6	$12,11 \cdot 10^5$	
7	$5,60 \cdot 10^5$	
8	$18,50 \cdot 10^5$	
9	$13,76 \cdot 10^5$	

Feltételezve a törési ciklusszámok logaritmusainak Gauss-féle normál eloszlását, szerkesztjük meg a $p - \lg N$ törési valószínűség - élettartam diagramot.

Az értékelés egyes lépései

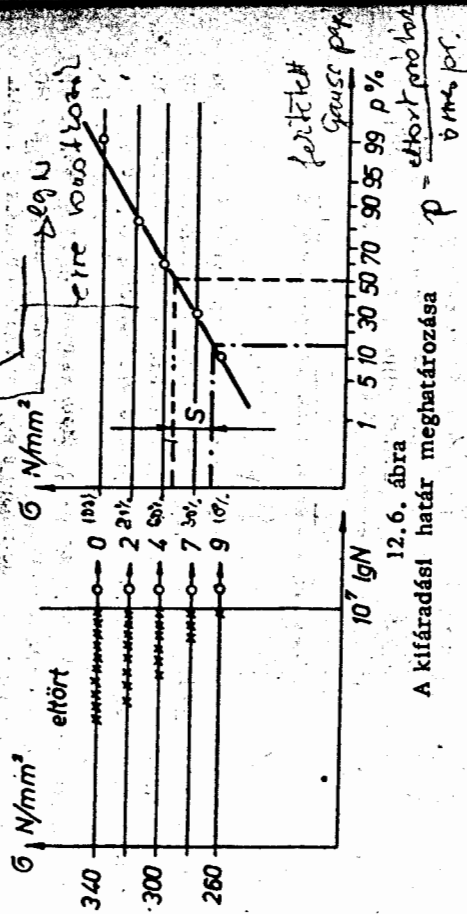
- p törési valószínűség meghatározása

A p annak valószínűsége, hogy a törés egy N_i ismétlődési számig bekövetkezik. Értékét jelen példánkban mérnöki gyakorlatban általában elfogadható pontosságot eredményező $p = \frac{i}{n+1}$ 100% összefüggéssel számoljuk, ahol i a törési ciklusszámok sorrendiségi száma, n pedig az összes próbák száma. Eredményeinket célszerű táblázatban feldolgozni (12.2. táblázat).

12.3. táblázat

Adatok a kifáradási határ meghatározásához

Feszültség szint N/mm ²	10 ⁷ ismétlődésig	
	eltört (db)	nem tört (db)
340	10	1
320	8	2
300	6	4
280	3	7
260	1	9



12.6. ábra

A kifáradási határ meghatározása

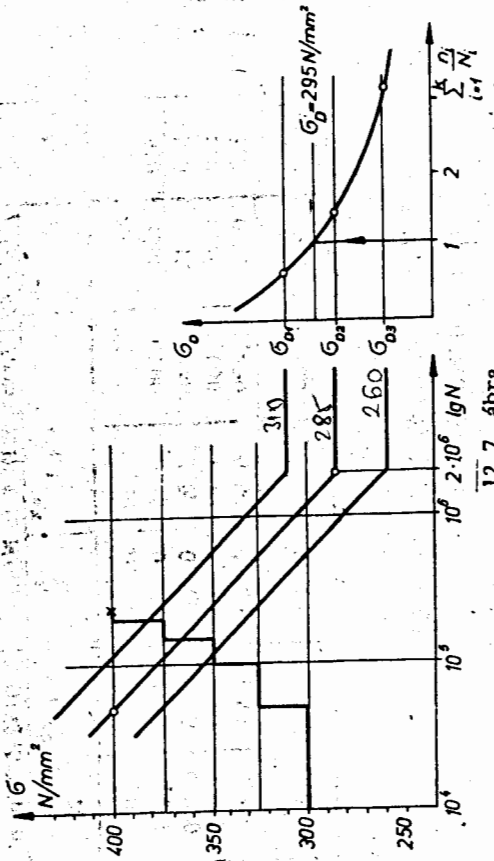
12.3 Gyorsfárasztás és kiértékelése

Mivel a fárasztóvizsgálat idő- és próbatétel igényes, ezért a Locati-féle gyorsított fárasztási módszerrel ismerkedhetünk meg a gyakorlaton. Ez a vizsgálat a Palmgren-Miner hipotézisen alapszik. A vizsgálatot egy példa keretében ismertetjük meg.

3. Példa

Meg kell határoznunk egy C45-ös minőségű anyag lengőigénybevételi kifáradási határát. Ismert a vizsgálatához hasonló anyag Wöhler görbéje. (Ennek adatai: kifáradási határ $\sigma_{D2} = 285 \text{ N/mm}^2$, a Wöhler görbe törés-

pontjához tartozó ciklusszám: $N = 2 \cdot 10^6$, a $\sigma = 400 \text{ N/mm}^2$ feszültség-szinthez tartozó ciklusszám $N = 5 \cdot 10^4$). Szerkesztjük meg a Wöhler görbét (12.7. ábra). Tojjuk el a görbét függőlegesen felfelé és lefelé is 25 N/mm^2 -el, így újabb két Wöhler görbét kapunk. A felsőnek a kifáradási határa $\sigma_{D1} = 310 \text{ N/mm}^2$, az alsóé $\sigma_{D3} = 260 \text{ N/mm}^2$.



12.7. ábra

Locati-féle gyorsfárasztás kiértékelése

Fárasztuk most egyetlen próbatétel lépcsőzetes terheléssel.

Az első feszültség szintet a 12.7. ábrán látható módon a becsült kifáradási határ közelében kell megválasztani.

Legyen ez $\sigma_1 = 300 \text{ N/mm}^2$. A feszültség lépcsőt válasszuk $\Delta\sigma = 25 \text{ N/mm}^2$ -re. Egy-egy lépcsőn az igénybevételek számát $n = 10^5$ közelében célszerű választani. Esetünkben ez legyen $n_1 = 5 \cdot 10^4$. Vizsgálati eredményként azt kapjuk, hogy a próbatétel az ötödik feszültség lépcsőn tört el, ahogy azt a 12.7. ábra mutatja.

A vizsgálat kiértékeléséhez meg kell határoznunk Wöhler görbénként a károsodás mértékét, a $\sum \frac{n_i}{N_i}$ hányadost (12.4. táblázat).

A $\sigma_D - \sum \frac{n_i}{N_i}$ koordináta rendszerben megrajzolt görbéből

a $\sum \frac{n_i}{N_i} = 1$ -hez tartozó kifáradási határ $\sigma_D = 295 \text{ N/mm}^2$ -re adódik (12.7. ábra).

Gyorsfázisú kitérése

σ_1 N/mm ²	$n \cdot 10^5$		$\sigma D_3=260$ N/mm ²		$\sigma D_2=285$ N/mm ²		$\sigma D_1=310$ N/mm ²	
	$n \cdot 10^{-4}$	$n \cdot 10^{-5}$	$\frac{n}{N}$	$N \cdot 10^{-5}$	$\frac{n}{N}$	$N \cdot 10^{-5}$	$\frac{n}{N}$	$N \cdot 10^{-5}$
300	0,5	5,0	0,090	12,20	0,041	12,20	0	
325	5,0	2,50	0,200	5,55	0,090	5,55	0,041	
350	5,0	1,12	0,446	2,50	0,200	2,50	0,090	
375	5,0	0,50	1,000	1,12	0,446	1,12	0,200	
400	3,2	0,22	1,429	0,50	0,640	1,12	0,286	
	$\sum \frac{n}{N}$		3,165		1,417		0,617	

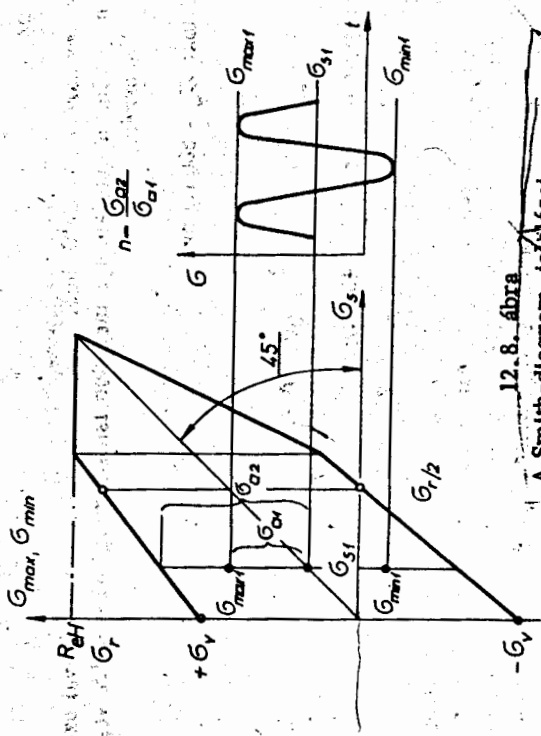
12.4 A Smith-féle biztonsági diagram szerkesztése és alkalmazása

A biztonsági diagram felvételéhez, szerkesztéséhez három anyagvizsgálati mérőszám szükséges:

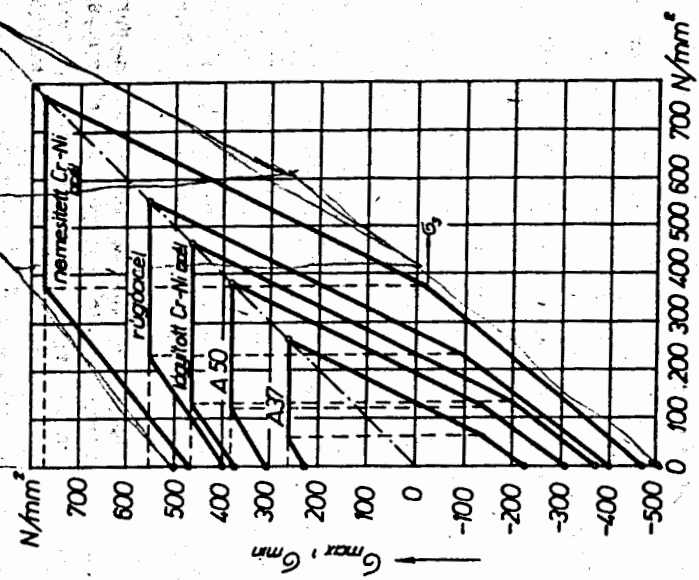
- az anyag lengőigénybevételi kifáradási határa (σ_v),
- a tiszta húzó-lúktető igénybevételi kifáradási határ (σ_{r1}), valamint
- a folyáshatár (R_{eH}).

Ezen adatok ismeretében a 12.8. ábrán szemléltetett módon, le lehetőség adózik a különböző középessúltságeknél megengedhető feszültségamplitúdó, valamint a biztonsági terület kiszerveztésére.

Néhány acél biztonsági diagramja látható a 12.9. ábrán.



12.8. ábra
A Smith-diagram felvétel



12.9. ábra
Néhány acél Smith-diagramja

4. Példa

Gyakorlasként az NCM04 acél alábbi adatainak felhasználásával szerkesszük meg a Smith-diagramot, a megadott ismétlődő igénybevételre végezzük el az ellenőrzést.

$$\text{Adatok: } \sigma_v = 500 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_r = 820 \text{ N/mm}^2$$

$$R_{eh} = 1000 \text{ N/mm}^2$$

$$\text{Igénybevétel: } \sigma_{\max} = 450 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{\max} = -50 \text{ N/mm}^2$$

12.5 A gyakorlaton elvégzendő feladatok

- Az utmutatóban részletezett 4 példa megoldása.
- A fárasztási élvek megbeszélése, a hidraulikus és az elektrohidraulikus pulzátorok működési elvének áttekintése.
- Fáradásos repedések töretfelületének elemzése.

13. Ultrahangos vizsgálat

13.1 A vizsgálat célja

A műszaki gyakorlatban az ultrahangot két cél érdekében használják. A kHz nagyságrendű frekvenciával dolgozó ún. "aktív" és viszonylag nagyobb teljesítményű ultrahangok technológiai célokra nyerneek felhasználást: forrasztás, hegesztés, tisztítás, furás, stb. A másik felhasználási területen az előzőhöz viszonyítva lényegesen kisebb teljesítményű és MHz nagyságrendű frekvenciájú ultrahangokkal roncsolás nélküli anyagvizsgálatok végezhetők.

Az ipari ultrahangos vizsgálatokat felhasználjuk anyagjellemzők közöttet meghatározására, ilyenek pl. a vastagságmérés, keménységmérés, feszültségi állapot meghatározása, rugalmassági modulusz mérése, hőkezelési állapot ellenőrzése stb. Legfontosabb alkalmazási területe az ultrahangos vizsgálatoknak a felületi, ill. belső anyaghibák kimutatása (hibakereső vizsgálatok).

Az ultrahangos vizsgálati technikán belül a belső anyaghibák vizsgálata a leggyakoribb, az összes egyéb ultrahangos vizsgálatok és mérések speciális jellegűek.

Gyakorlati utmutatónk az anyaghibák kimutatásának két módszerét,

- az átsugárzással dolgozó vizsgálatokat és
- az ultrahang visszaverődésén alapuló eljárásokat tárgyalja.

13.2 A darabok előzetes vizsgálata

Az ultrahangos vizsgálat megkezdése előtt tisztázni kell a vizsgálandó darabbal kapcsolatos alábbi kérdéseket.

Ismerni kell az anyag minőségét és az előzetes kezelések - hideg- és melegalakítás, hőkezelés, stb. - eredményeként kialakult szövetszerkezetet. Különösen fontos ez öntött daraboknál.

Az anyagok közül a szilárd oldatok, elsősorban az austenites anyagok, nagyon szórják azokat a sugarakat, melyek hullámhossza a szemcseméret nagyságrendjébe esik. A heterogén szövetszerkezetű anyagok közül az ön-

törtvas (grafittartalma miatt) és az ötvözött szerszámacélok (a karbidok miatt) szintén ilyen természetűek. Éppen ezért az ilyen anyagokat - pl. K036, Al 99, Sr 63, Öv, R3 stb. - továbbá valamennyi durvaszemcsés anyagot csak kisebb frekvenciájú vizsgálófejekkel lehet vizsgálni. Ezáltal lehet csak biztosítani, hogy a hullámhossz nagyobb legyen a vizsgálandó anyagra jellemző lényeges strukturális szövetszerkezeti méretnél, és így a szóródás, ill. az ultrahang elnyelődése kisebb legyen.

Az anyag előzetes kezelése szempontjából különösen az alapvető előgyártó technológiai eljárás ismerete fontos, mert ebből már előre meg lehet állapítani, hogy milyen jellegű hibák kimutatására kell törekednünk a vizsgálat során. Pl. ötvényben sorosságot nem várhatunk, kovácsolt darabban sem kereshetünk lunkert stb. - A hőkezelések, ill. hideg- vagy melegalakítások ismeretében szintén értékes következtetéseket vonhatunk le, pl. a szemcseméretekre, az esetleges repedések várható irányára vonatkozóan.

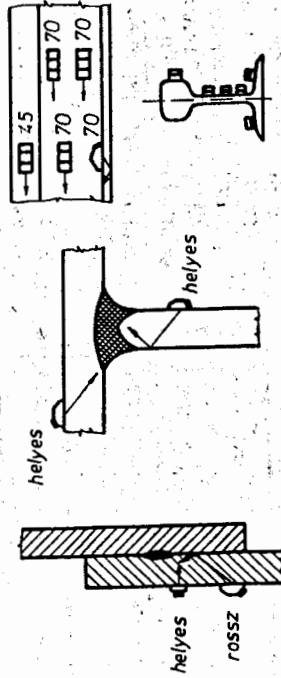
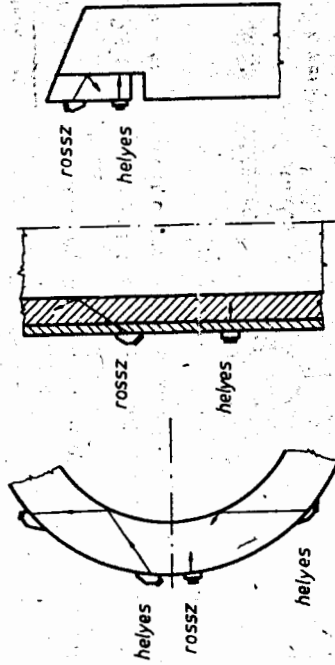
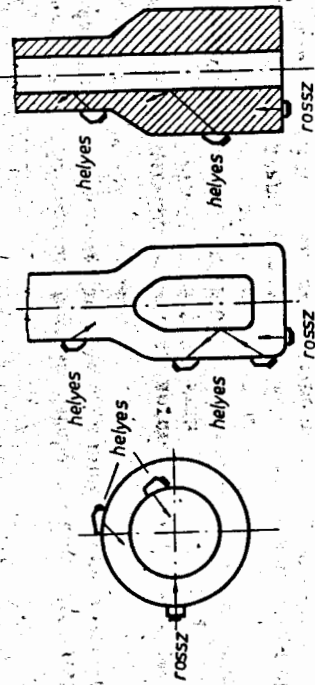
13.3 A vizsgálat technikája

a / A vizsgálati mód és a vizsgálati paraméterek megválasztása

A darab geometriája és alakja az ultrahang terjedési viszonyainak (törés, visszaverődés) ismeretében megszabja a vizsgálat módját (átsugárzásos vagy visszaverődéses üzem) és a szükséges vizsgálófej kiválasztását.

Néhány példát mutat erre a 13.1. ábra.

- A vizsgálandó darab geometriai alakja szempontjából alapvető a vizsgálófej megválasztására: előnyben kell részesíteni a merőlegesen sugárzó vizsgálófejeket és keresni kell a legegyszerűbb sugármenetet, mert a többszörös visszaverődések és a transzverzális hullámok keletkezése megnehezíti, esetleg lehetetlenné teszi a kiértékelést.
- További fontos szempont, hogy kisméretű darabokat nagyobb frekvenciával, nagyméretűeket kisebb frekvenciával kell vizsgálni.
- A vizsgálandó darab felületi minősége is kihat a vizsgálófej frekvenciájának megválasztására. Minél finomabb a felület, annál nagyobb lehet a frekvencia. A durva felület egyébként csak olyan fejjel vizsgálható, amelyikben védőfólia (műanyag, réz, stb.) védi a rezgőkristályt a külső sérülésektől. A jól tapadó reverteg egyébként nem jelent különösebb nehézséget a vizsgálatok szempontjából, ezzel szemben a festés nagymértékben nehezíti az ultrahang áthaladását. A fémes felületet a vizsgálandó darabokon tisztítással, csiszolással kell biztosítani.



13.1. ábra

Ultrahangvizsgálati módok

- Hibakereső vizsgálatnál mindig két vizsgálófejjel kell dolgoznunk: a hiba megkeresését nagy sugárkuppall sugárzó kisebb frekvenciájú fejjel célszerű végezni, a hiba helyzetének, nagyságának és helyének pontos meghatározását nagyobb frekvenciájú fejjel kell végezni.

b/ Csatoló közeg választása

A csatoló közeg feladata az, hogy az ultrahangot kibocsátó kristály intenzitátságú sugárzását a vizsgálandó anyagba minél kisebb veszteséggel bevezesse.

A csatoló közeg durvább felületénél normál gépszir, finomabb felületéknél gépolaj. Méréseknél (finom felület) mindig finom olaj, glicerin. Fejfeletti és függőleges helyzetű felületekre kisebb viszkozitású, nehezen folyó, ill. nem cseppendő közeg kell választani.

Folyamatosan végzendő vagy automatikus vizsgálatoknál a csatoló közeg viz. Kiseb barabokat is célszerűbb vízbe merítve vizsgálni.

c/ Hitelesítés

A vizsgáló készüléket és a vizsgáló fejeket hitelesítő etalonnal kell beállítani, ill. hitelesíteni.

A hitelesítő etalon rajza a 13.2. ábrán látható. Természetesen egyéb, ismert méretű és a konkrét célra alkalmas acélmaras is felhasználható adott esetben.

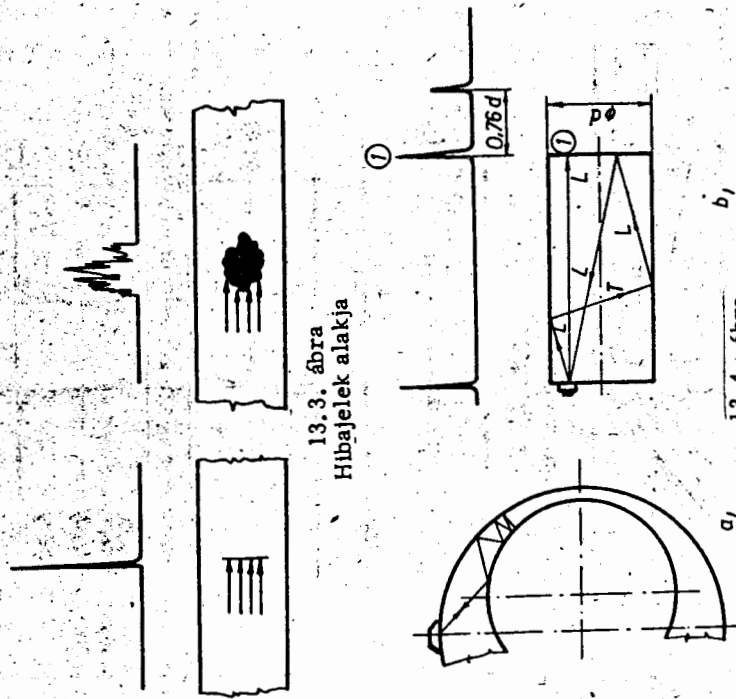
d/ A visszhangjelek értékelése

Hibakereső vizsgálatnál a visszhangjelek kétfélek. A hibátlan anyag tulso felületéről visszhang jele neve: végjel, az esetleges hibáról visszhang jele neve: hibajel.

A képernyőn ezeken kívül a bemenő-jel látható még.

A végjel is és a hibajel is és határozott függőleges kitérésként jelentkezik az ernyőn akkor, ha a visszhang jele felület sík (pl. éles repedés). Szakadozott és szabálytalan felületi hibákról érkező hibajel több visszhang jele szuperpozíciójaként fogható fel (13.3. ábra).

A katódugarcso ernyőjén látható jelek kiértékelése alaposágot és gyakorlatot kíván, mert nem mindig egyszerű. Példaként szolgáljon a 13.4/a ábra, amelyik excentrikus hengeres felületek esetén mutatja, hogy teljesen ép darab félrevezető, hibajelként értékelhető visszhangjelet ad a darab geometriája miatt.



13.3. ábra
Hibajelek alakja

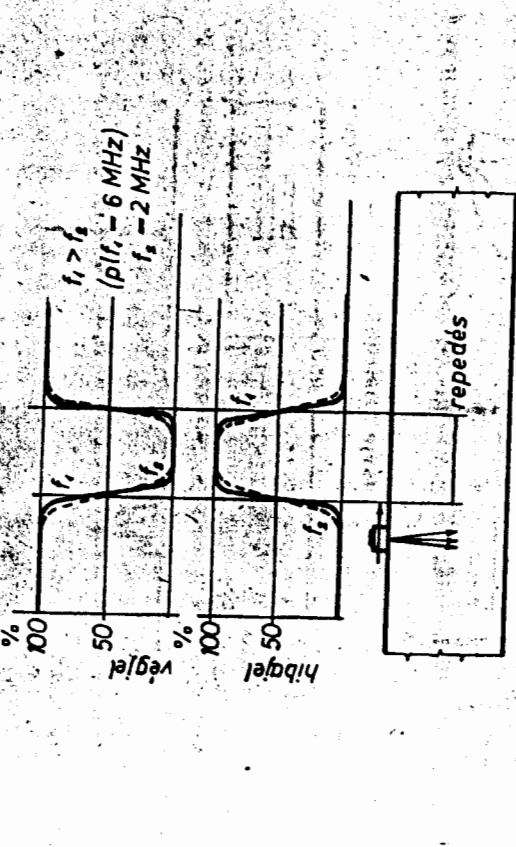
13.4. ábra
Látészögletes hibajelek

A 13.4/b ábra az igen gyakran fellépő transzverzális hullámok miatt keletkező visszhangjeleket mutatja.

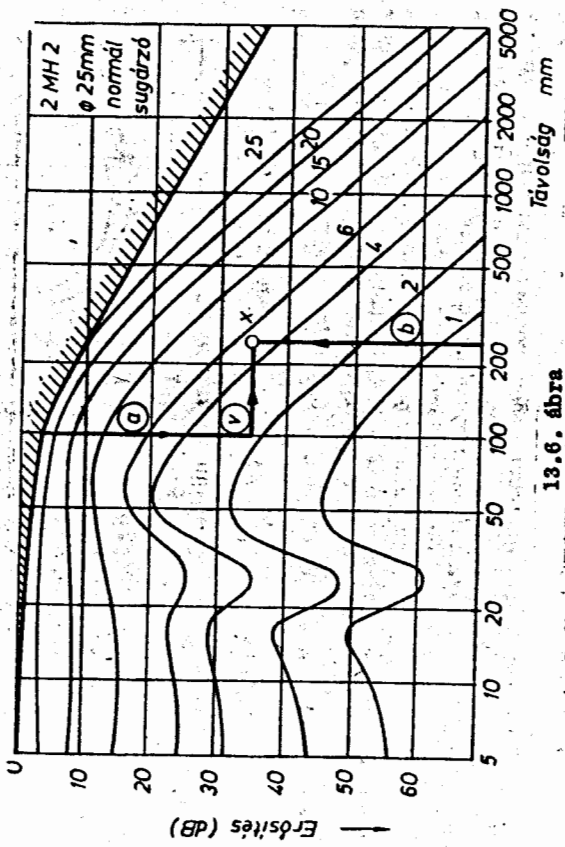
A hiba egyértelmű meghatározásához hozzátartozik helyzetének és nagyságának megállapítása is. A hiba helyzete a sugármenet alapján azáltal adható meg mindig értelemszerűen, hogy a visszhang jele felület maximális hibajel-erősséget merőlegesen rásó sugárról ad.

A hiba nagyságának pontos megállapítására szolgáló módszerek helyett a 13.5. ábrán láthatjuk a hibának meghatározásának elvét. Természetesen több irányban kell a vizsgálófejet a felületen végig vezetni (pl. rajz síkjára merőlegesen is) ahhoz, hogy a hiba kiterjedését pontosan megállapíthassuk.

Korszerűbb készülékeknél minden vizsgálófejhez rendelkezésre állnak az AVG diagramok (13.6. ábra), s ezek segítségével a hiba keresztirányú visszhang jele felületével azonos nagyságú kör alakú visszhang jele felület átmérője, a "helyettesítő hibaméret" határozható meg. Ehhez meg kell mérni a vizsgálófej és a talált hiba távolságával azonos távolságban feltételezett, végtelen nagy kiterjedésű (teljes visszhang jelet okozó) visszhang jele felület és a



13.5. ábra
Hibaterület meghatározása



13.6. ábra
A, G diagram a hibanagyság meghatározásához

hiba képernyőn látható jele közötti erősítés-különbséget, ha a hibajel magasságát (erősségét) az előbbivel azonos értékre állítjuk be a képernyőn a dB-beosztású erősítésszabályozóval. A teljes visszaverődést okozó felület és a hiba távolsága (amit előre nem ismerünk) gyakorlatilag sohasem azonos,

ezért pl. a hitelesítő etalonnal állítjuk be a készüléket a teljes visszaverődés jelét, pl. 40 mm magasra, s a hibajelét is ugyanilyen nagyságúra (40 mm magasra) erősítjük fel. Az etalon és a hibajel erősítésszabályozó állásainak különbségét az etalon-jel távolságában mérjük fel az AVG-akálán az alapvonalától lefelé (a), majd az így kapott pontból vízszintesen haladva (v) elmetsszük a hibajel (b) rendezőjét: a metszéspontban kell a helyettesítő hibamérő értékét leolvasni. Ez a 13.6. ábrán kb. 5 mm-re adódott.

13.4 Hegesztett varratok vizsgálata

Hegesztett varratok vizsgálatánál a normál sugárzó fejeket csak igen ritkán használjuk; leginkább szögfejekkel lehet a vizsgálatot elvégezni.

Hosszvarratokat a szögfejekkel a varratra merőleges irányból tudunk vizsgálni. A 13.7. ábra szerint egy lemezbe A pontnál β szög alatt érkező



13.7. ábra

Tompavarrat vizsgálatának elve

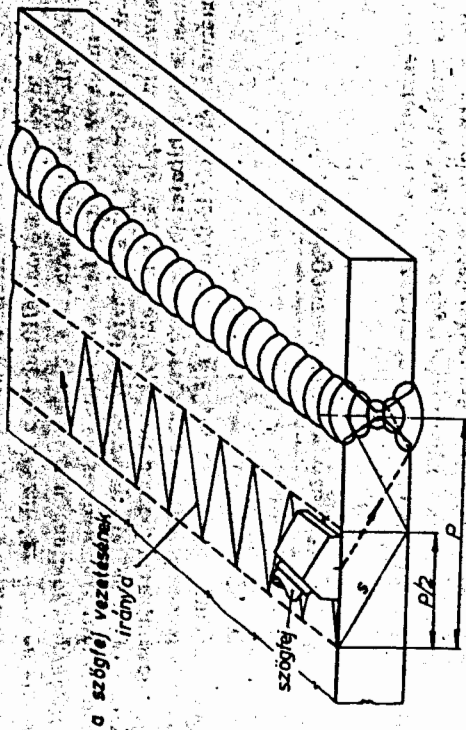
hullám a B pontban teljesen visszaverődik és a C pontnál újra a felületre ér, ahonnan ismét továbbhalad. A lemez "a" vastagságának ismeretében az AC távolság értéke

$$p = 2 a \operatorname{tg} \beta = a k,$$

ahol $k = 2 \operatorname{tg} \beta$ (a szögfejen megadott érték).

Ha a szögfejet az A pontból a lemez felületén a C pont irányába mozgatjuk, a BC sugárut folyamatosan átveszi a CB' helyen a lemezt: p/2 távolsággal eltolva a szögfejet a C pont felé, a hullám B visszaverődési pontja a B' helyzetbe kerül.

Ezzel már adva is van a szaggatottan bejelölt "varrat" vizsgálatának elve: a szögfejet a varratra merőleges irányban tartva p és p/2 távolságok között kell elmozgatni, miközben a varrat hosszirányában is haladunk, mint azt a 13.8. ábra mutatja.



13.8. ábra
Szögfej mozgása a varratvizsgálat során

Amennyiben a varratban hiba van, a hibahely az ultrahangot nem enged át.

1. Az átsugárzásos vizsgálati eljárásnál (melyet egyébként igen ritkán alkalmaznak, mivel adó és vevő kristály szükséges hozzá) a vevőfejbe nem jut ultrahang, ezáltal a hiba jelenléte indikálhatóvá válik.
2. A visszaverődéses eljárásnál ugyanebben az esetben a "vevő" üzemi állapotban levő vizsgálófejbe a hibahely visszaveri az ultrahangot, tehát a hiba így ismét indikálható a katódsugárcső ernyőjén, hibajel formájában.

Az esetek túlnyomó többségében a visszaverődéses vizsgáló eljárást használják, rendszerint impulzusüzemben dolgozó készülékekkel, ill. vizsgálófejekkel, mivel így egyetlen fej szükséges a vizsgálathoz és elegendő csupán a varrat egyik oldalához hozzáférni.

A fontosabb hibák ernyőn felfogható jelei a következők:

- Gázzáródmányok. Gázpórusok, esetleg tömlő alakú zárványok lehetnek. Jellegetes a hibajele, hogy a szögfej kis elmozdítása-elfordítása esetén hirtelen jelentkezik és tűnik el az éles, de nem túl erős hibajel.
- Salakzáródmányok. Amennyiben a salakzárvány visszaverő felülettel érintkezik, a hibajel a gázzárványhoz hasonlóan jelentkezik. Szakadozott, tagolt felületű, főleg elnyújtott és réteges salakzárványnál a hibajel a gázzárványokhoz hasonlóan viszonylag kis jelerősségű, de kis elmozdulásra is gyorsan változó, sűrűn egymás mellett fekvő vagy több csucos visszavert jeleként mutatkozik.

- Kötéshiba. Kimutathatósága a kötés fajtájától függ. Szimmetrikus, tompailllesztéses varratoknál éles és erős a hibajel. A hiba - a kötéshiba jellegének megfelelően - a varrat irányában hosszabb, ezért a hibajellel végigkövethető.
- Gyökhiba. A varratnál a varratirányban végigkövethető erős és éles hibajel ad.
- Hosszirányú repedés. A varratban levő hosszirányú repedés igen erős és éles hibajel ad.
- Szegélykiváradás vizsgálata ultrahanggal nem szokásos, közepesen erős hibajel ad az anyagulánymélységtől függően.
- Keresztrányú repedés: vizsgálata szintén ritkán fordul elő; a varratdomborulat leköszörülése után varratirányban vezetett szögfej-jel mutatható ki, éles és erős hibajellel.
- Gyökutolfolyás szintén a gyökhibához hasonló jelet ad, de kisebb erősséggel. Könnyen összetéveszthető a gyökhibával.

13.5 A vizsgálati eredmények bizonyíthatósága

A vizsgálat elvégzésével kapcsolatban nagyon fontos az összes körülmény egyértelmű rögzítése jegyzőkönyvi formában. Nem feltétlenül szükséges követelemény, de nagyon hasznos, ha a hibahelyeken az ernyőt is le tudjuk fényképezni. Ekkor is el kell azonban készíteni a vizsgálati bizonyíthatóságot, amelyik célszerű elrendezésben az alábbi adatokat tartalmazza:

- a vizsgálandó darab neve, jele,
- a vizsgálandó darab anyagminősége, eredete,
- a vizsgálandó darab állapota,
- a vizsgálandó darab felületi minősége,
- a vizsgálat célja,
- a vizsgálat helye és napja,
- a készülék típusa, jele,
- a vizsgálófej típusa, jele, frekvencia,
- a rezgőkristály mérete, fajtája,
- a közel-tartomány (1_0) mm-ben, üzemmód, erőssítés,
- gerjesztés-szabályozó állása, méréstartomány, hitelesítés, csatlakozó, a vizsgálatot végző személy aláírása.

13.6 A gyakorlaton elvégzendő feladatok

- Ismerkedjünk meg az oszcilloszkópos kijelzésű ultrahangos készülékkel, annak működésével, kezelésével.
- Végezzük el a 13.3. pont szerinti hitelesítéseket.
- Különléle hibákkal rendelkező próbadarabokon gyakoroljuk a belső hiba kimutatását.
- Végezzük el a rendelkezésünkre bocsátott hegesztési varrat ultrahangos vizsgálatát. Készítsük el ennek bizonylatolását.

14. Radiológiai vizsgálatok

A radiológiai ellenőrzést a vizsgálat megkezdése előtt a műszaki-gazdasági- és sugárvédelmi követelmények figyelembevételével kell megtervezni. A műszaki követelmények maradéktalan kielégítésének sokszor határt szabnak a gazdaságossági megfontolások. Gondos mérlegelés alapján dönt-hetjük el, hol adhatunk engedélyt a követelményekben. A sugárvédelmi követelményeknél engedély semmiféle változásban nem tehető. E szempontok egyeztetésével, valamint a vizsgálat célkitűzésének figyelembevételével határozzuk meg a teendőket. Gyakorlati útmutatókkal ezekhez a

- vizsgálattervezési,
- előkészítési,
- vizsgálattechnikai és
- értékelési munkákhoz kívánunk útmutatást adni.

14.1 A vizsgálat megtervezése és előkészítése

A roncsolásmentes vizsgálat célja általában kettős lehet. Egyrészt a feltárt hibák jellegének és nagyságának, ill. gyakoriságának kimutatása, mely utal a szerkezet alkalmasságára. Másrészt a gyártás folyamatában beállt kedvezőtlen változás, torzulás kimutatása, miáltal lehetőség nyílik a szükséges helyesbítésre.

Radiológiai vizsgálatot választunk, ha értékelésünk szerint a célkitűzésünk elérésére ez alkalmas, ha szabványok erre intézkedést adnak. Ezt követően történik a vizsgálat megtervezése.

Első lépésként a vizsgálat vezetője egyetértésben a felelős szerkesztővel és kivitelezővel, meghatározza a vizsgálattal szemben támasztott műszaki követelményeket. Elsősorban a szerkezet biztonságára kiható szempontokat, másodsorban a gazdaságosság irányelveit kell figyelembe venni.

A vizsgálati tervben rögzítésre kerül:

- a szükséges felvételek száma; mennyiségi előírás;
- a szerkezet ellenőrzendő helyei; azok kijelölése;
- a radiológiai felvételek érték-előírása; radiológiai fokozat megadás.

A felvételek száma alapján teljes (100%) és részleges (szuropróba-szerű) ellenőrzés lehetséges. Amennyiben a várható hibák a szerkezet biztonságát csökkentik, úgy teljes - minden varrat - ellenőrzése szükséges. Ezzel lehetőség nyílik a feltárt hibás helyek kijavítására, és ezáltal az üzemi biztonság növelésére. Ennek megfelelően részleges ellenőrzés csak abban az esetben megengedett, ha a gyártási folyamatban keletkezett leggyorsabb hibák a szerkezet biztonságát számottevően nem csökkentik és előfordulás valószínűségük kicsi.

A részleges ellenőrzés csak a gyártás bizonyos szintjénél írható elő. Amennyiben ez az ellenőrzés kezdeti szakaszban igazoltnak látszik, úgy a teljes vizsgálatról a részlegesre térhetünk át. Fordított eset is előfordulhat. Nevezetesen részleges vizsgálatról teljes ellenőrzésre térünk át, mert az észlelt hibák nagysága és gyakorisága miatt azok kijavítása elengedhetetlen. Általában egy méretezett szerkezet különböző keretszemszettel más-más igénybevétellel terheltek. Ajánlatos a hegesztett szerkezet vagy öntvények legnagyobb igénybevételi helyeinek teljes ellenőrzése. Pl. belső nyomásra igénybevett hengeres test hosszvarratainak 100%-os, míg a körvarratainak esetleg részleges ellenőrzése.

A részleges vizsgálat mennyiségét az összes varratok hosszának %-ában szokás előírni.

A vizsgált mennyiség alapján becsúljuk a nem vizsgált varratszakaszok hibamentességét. A becslés pontossága a vizsgált mennyiség növelésével fokozható. Teljes információ - a vizsgálat hibakimutathatóságának határára belül - csak az összes varrat vizsgálatával kapunk. A becslés pontossága megköveteli, hogy a vizsgálatra kerülő helyek kijelölése véletlenszerű legyen, vagyis a választás azonos eséllyel történjék.

A kiválasztásra került helyeket mind a szerkezeten, mind annak vázlatán számozással megjelöljük. A radiológiai vizsgálat értéke a hibakimutatóhatósággal meghatározható ún. képjósággal adható meg. A vizsgált tárgy hibamentességének megítéléséhez az információknak annál értékesebb, minél kisebb az árvilágított falvastagsághoz viszonyítva a radiogramon még felismerhető hiba. A képjóság ellenőrzésére különféle hulasorokat használunk.

A képjóság szám megítélés a radiogramon még felismerhető legvékonyabb húzal számával. A képjóság számhoz tartozó húzalátmérők és a megengedhető mérettől való legnagyobb eltérést a 14. 1. táblázat tünteti fel.

A radiológiai felvételt készítőnek első- és másodosztályú képjóság irható elő. Az első és a második osztályban a különböző anyagvastagságokhoz tartozó előírt képjóság számok is e táblázatban találhatóak.

A röntgen képminőség jelzőszámjai

Anyagvastagság mm	1. Képminőségi osztály		2. Képminőségi osztály	
	felett	-ig	Jelzőszám	Huzalátmérő mm
0	6	0, 10±0, 005	14	
6	8	0, 12	13	
8	10	0, 16±0, 01	12	
10	16	0, 20	11	
16	25	0, 25	10	
25	32	0, 32	9	
32	40	0, 40	8	
40	50	0, 50	7	
40	60	0, 63±0, 02	6	1, 00±0, 02
50	80		5	1, 25
60	80		4	1, 60
80	120	0, 80	3	2, 00±0, 03
80	200		2	2, 50
120	140		1	3, 20
140	160			
160	180			
180	200			

Az osztály-előírást a kimutató kívánt hibaszintek típusa és nagysága szabja meg. Az előírást a szerkesztő és a kivitelező együtt dönti el. Általános irányelvként fásztó igénybevételre méretezett szerkezetek hegyvarratainál I. osztályú képjóság szükséges.

A vizsgálat költsége a termék minőségének javulásában térül meg. A vizsgálat összes ráfordítási költsége arányban áll a szerkezet megbízhatóságának követelményével.

A radiológiai vizsgálatokat a sugárvédelemi előírások betartásával szabad végezni: a vizsgálatok kezdése előtt ezeket ellenőrizni kell. Vonatközö szabvány MSZ 62-61.

A sugáranyag mértekegyisége az r (röntgen). Az emberi szervezet bizonyos mennyiségű röntgen sugárzást ártalom nélkül tűr el, akkor is, ha az huzamos időn át éri. Röntgenártalom nem következik be, ha a 36 órás munkahét alatt a kapott sugárzás nem nagyobb, mint 100 mr.

A dolgozók egyéni besugárzási dózisének mérésére személyi dózismérők szolgálnak.

Sugárzás ellen három féle védekezési lehetőség van:

1. a veszélyeztetett helyen tartózkodás idejének korlátozása;
2. a tartózkodási hely és a sugárforrás közötti távolság növelése;
3. sugárvédő, sugárzást elnyelő anyag alkalmazása a sugárforrás és a védendő személy között (sugárzás ellen legmegfelelőbb védőanyag az ólom).

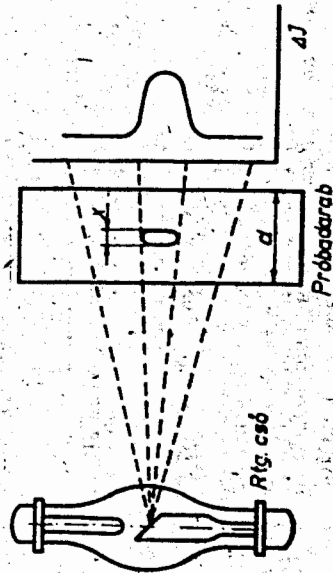
14.2 A vizsgálat végrehajtása

A vizsgálat végrehajtásánál a felvételkedítés helyes körülményeit kell megválasztani. A sugárforrás általában röntgen vagy izotóp lehet. A felvételi körülményeit a választott sugárforrástól függően különböztethetjük meg. A kivitelezés gazdaságossága a megfelelő képesség, a vizsgálati körülmények helyes megválasztásával és gondos betartásával érhető el.

A vizsgálat végrehajtása három fő fázisból áll. Ezek a felvétel előkészítése, az expozíció és a sötétkamra munkák.

14.3 Felvétel készítése

A röntgenvizsgálat arra az alapra épül, miszerint egy anyagon belül a sugárelnyelődés mértéke a sugárzásirányu mérettől függ. Ha az anyagban van egy anyagfolytonossági hiba (pl. gázbuborék), a hiba helye alatt az áthaladó sugárzás intenzitása értelemszerűen megnövekszik (14.1. ábra).

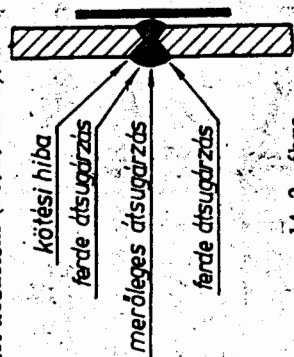


14.1. ábra
A röntgenvizsgálat elve

A felvételkedítés fő művelet a filmkazetták felhelyezése és a sugárforrás beállítása.

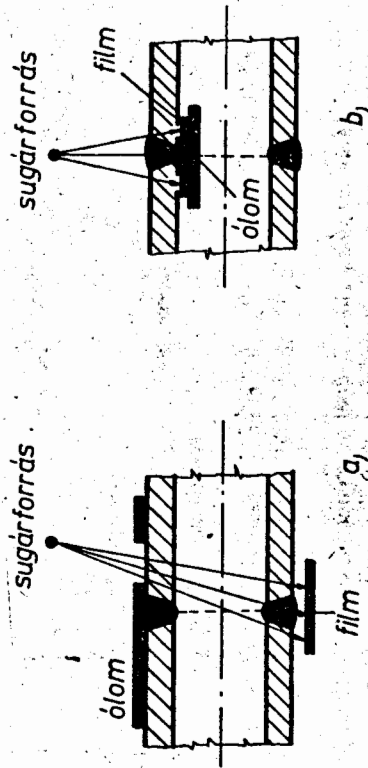
A filmkazetta felhelyezésével egy időben gondoskodni kell a vizsgálat helye és a hozzátartozó radiogram azonosíthatóságáról. Ezért mind a filmet, mind a munkadarabot el nem távolítható jellel kell ellátni. A film jelölésére a kazettára helyezett ólomszámok szolgálnak. Ezt követi a huzalsor felhelyezés. A képesség javul, ha felhelyezett filmkazettát a munkadarabhoz szorosan illeszkedik. A kazettába helyezett erősítő fólia a filmhez ugyancsak szorosan tapadjon.

A felvétel egyenletes megvilágítása érdekében a röntgenfej beállításánál a sugárkup tengelye általában merőleges legyen a film síkjára, és a film közepét messe. Szükség esetén - kötéshibák kimutatására - több sugáriránnyal kell felvételt készíteni (14.2. ábra).



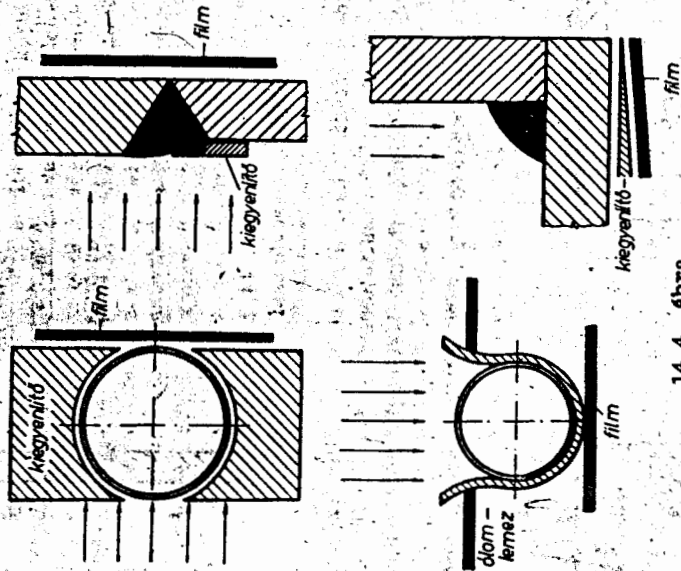
14.2. ábra
Besugárzási lehetőségek

Ferde sugárirányt használunk csővarrat ellenőrzésénél is, amikor a film felhelyezése a belső csőfalra lehetetlen (14.3/a ábra). A választott sugárforrás-film távolságot (fókusz-távolság) mérőszalaggal ellenőrizzük.



14.3. ábra
Csővizsgálatok. a/ ferde, b/ merőleges besugárzással

A 14.3. ábrán látható ólomablak a szórtsugárzás csökkentését, ezze) a felvétel értékkelhetőségét fokozza. Azonos cél szolgál a sugárnyalábot határolo ólomlemezről készült kup- vagy guliपालát alakú tubus. A film mögő helyezett ólomlemez a visszaverődő szórtsugárzás okozta filmelészürkülés meggátolására szolgál. Végezetül a jó értékkelhetőség érdekében felhasználható a sugár irányban helyezett szórtsugárzást elnyelő vékony ólom vagy nehézfém fólia. Az ólomfólia felhasználása az exponálás idejét/szükségképpen növeli. Ennek csökkentésére a film másik oldalára erősítő fóliát tehetünk. Ha a sugárzás irányában vizsgált darabon nagy a vastagságkülömb-ség, a kiegyenlítő lemezek, anyagok alkalmazásával javíthatjuk a kiértékelhetőséget (14.4. ábra).



14.4. ábra

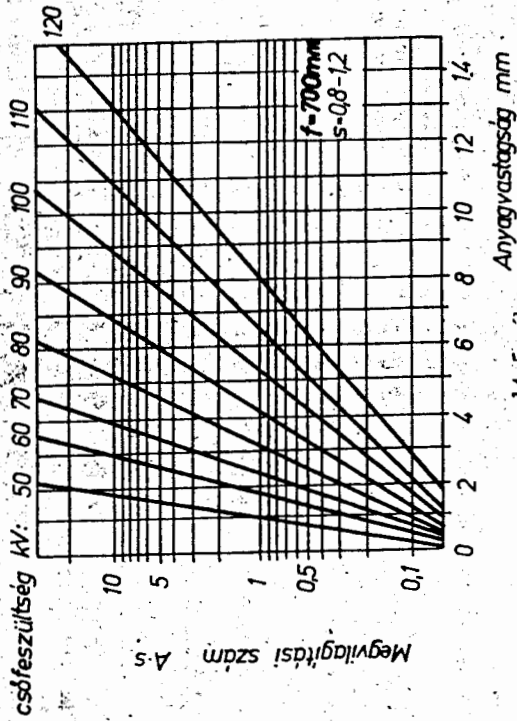
Kiegyenlítő anyagok alkalmazása

Az exponálás idejének eldöntésénél szerepet játszik a beállítandó fókusz-távolság és a film hossza, Röntgen csőnél a sugárkup mérete meg-gazabja a fókusz-távolsághoz (f) felhasználható filmhosszat (l). Ez utóbbi a legtöbb készülőknél az

$$l = f/1,4$$

alaplán számítható. Az így kiszámított hossz helyett a legközelebb álló szabványos filmhosszt választjuk. Szabványos filmhosszuságok varrat-el-lenőrzéshez: 240, 480, 720 mm (szélesség 60, ill. 100 mm).

Mivel a sugárintenzitás a távolság négyzetével fordítottan arányos, a fókusz-távolság csökkentése, ill. növelése az exponálási idő erőteljes csökkenésével, ill. növekedésével jár. Az adott fókusz-távolsághoz tartozó exponálási időket nomogramokból vehetők. Ilyen nomogramot mutat a 14.5. és



14.5. ábra

Exponálási diagram acélra

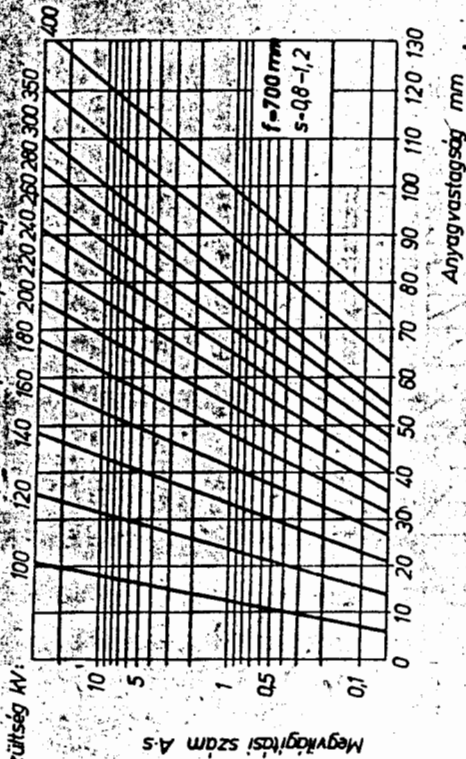
14.6. ábra acélra, ill. alumíniumra. A fókusz-távolság változásával a szükséges exponálási idő (t_2) számítható:

$$t_2 = t_{500} \left(\frac{f}{500} \right)^2$$

f fókusz-távolság mm; t_{500} az 500 mm fókuszhoz tartozó exponálási idő (sec). Amennyiben erősítő fóliát használunk, úgy az exponálási idő t_2

$$t_2 = t_{500} \frac{f}{500} \sqrt{\frac{f}{500}}$$

erősítő lemeze
szorzója:



14.6. ábra
Exponálási diagram alumíniumra

Könnnyen belátható, hogy a rendelkezésre álló sugárerősség, a vizsgálandó anyag adott vastagsága mellett, az exponálási idő a fókusztávolság nagyságával tág határok között változatható.

Az előírt képesség érdekében a fókusztávolság nem lehet kisebb, mint a röntgencső anódlemeze méretének, ill. az izotóp méretének százszorosa. Pl. Lilliput 120 készüléknél $f_{\min} = 230$ mm.

Egy adott röntgenfelvétel elkészítése idejét (t) a felvétel előkészítési ideje (t_1) és az exponálási idő (t_2) összege adja meg:

$$t = t_1 + t_2$$

A fólia nélküli felvétel akkor a leggazdaságosabb, ha a filmcsere és gépbeállítás ideje megegyezik az exponálási idővel, a fóliával készített felvétel pedig akkor, ha az exponálási idő az előkészítési idejének kétszerese.

Az előbbi megállapítások abban az esetben is érvényesek, ha több felhelyezett film egyszerre kerül exponálásra. Pl. kazánbő körvarratára és néhány betorkoló hosszvarrat szakaszra felhelyezett filmeket a közönségre helyezett izotóp egyszerre exponálja. Gyakorlatilag is kivitelezhető a gómb tartály összevarratának vizsgálata egyetlen exponálással, ha a középpontba helyezve nagy aktivitású izotópot alkalmazunk.

Több vizsgálati darabnál a felvétel fajtájának ideje erőteljesen csökkenthető, ha az előkészítési és az exponálás egy időben végezhető. Ebben az esetben sugárvédett helyen végzik el a vizsgálatra kerülő darab filmjeinek

felhelyezését, miáltal az előző darab exponálása folyik. Majd a sugárforrás átszállítása után minimális beállítási idővel kezdődhet az exponálás.

A vizsgálatok tervezésénél figyelembe kell venni, hogy az izotóp sugárintenzitása idővel csökken, miáltal - változtatlan körülmények mellett - a szükséges exponálási idő növekedik. Pl. az Iridium 192 felezési ideje mindössze 74 nap, így a mindenkori aktivitáshoz választjuk meg a gazdaságosságot biztosító felvételi adatokat.

Sorozat vizsgálat megkezdése előtt, a választott adatok helyességének ellenőrzésére, ajánlatos próbafelvételeit készíteni. Az előírt képesség teljesedése után kezdhető el a sorozatfelvétel. A filmek folyamatos előhívásával elkerülhető az esetleg nagyszámú selejt-felvétel készítése. A röntgenfilmek előhívása egyébként megegyezik a foto filmekével. A tevékenységek sorrendje: hívás, mosás, fixálás, mosás, szárítás.

A radiológiai vizsgálat lényeges adatait:

az átsugárzott anyag tényleges vastagságát,

a röntgencső feszültségét (kV),

az áthaladó áramerősséget (mA),

az izotóp aktivitását (mC),

az átsugárzási időt (s),

a vizsgálati elrendezés vázlatát a fókusztávolsággal,

a film és erősítő fóliák minőségét,

a felvétel és a munkabarab azonostási módját

jegyzőkönyvben kell rögzíteni.

14.4 Felvételek értékelése

A hegesztett kötésekben előforduló lehetséges hibák 6 hibatípusba sorolhatók:

A gázzárvány.

Aa gömbalaku-, Ab tömlőalaku-, Ac soros-, Ad gázzárvány halmoz, Ae vonalszerű gázzárvány.

B salak- és fémcs zárvány.

Ba-szabálytalan alakú salakzárvány, Bb csikalu salakzárvány, Bc fémcs zárvány.

C kötéshiba (hiányos összeolvadás).

D gyökhiba (nem megfelelő összeolvadás a gyökben).

Da homorú varrások éles bemetszés nélkül, Db éles bemetszésű gyökhiba, Dc gyökben levő összeolvadási hiba kétoldaltól hegesztett varratnál.

E repedés.

Ea hosszirányú-, Eb keresztirányú-, Ec többirányú repedés.

F. felületi (alati) és egyéb hibák

Fa szabálytalan varratfelület a gyökoldalon (szakáll)

Fb szabálytalan varratfelület a korona oldalon

Fc szélkilyvadás (szélbeégetés)

A hibák nagyságukkal és előfordulásuk gyakoriságával jellemezhetők.

A hibák nagyságát 1-5-ig terjedő számokkal jelölik. A jellemző hibaméret (X) és a mértékadó anyagvastagság (s) hányadosa % -ban a relatív jellemző hibaméret (W).

$$W = \frac{X}{s} \cdot 100\%$$

A hibagyakoriság jelzőszáma a 14.2. táblázatból vehető ki.

A hibák gyakoriságát 1-5-ig terjedő számokkal jelölik. A hibagyakoriság a hibahosszak összegének ($\sum 1$) és a "jellemző varratosság" (L) hányadosa % -ban;

$$n = \frac{\sum 1}{L} \cdot 100\%$$

14.2. táblázat

A hibagyakoriság jelzőszámai

	1	2	3	4	5
Relatív jellemző hibaméret (W) %	10-ig	10 felett 20-ig	20 felett 30-ig	30 felett 50-ig	50 felett

A hibagyakoriság jelzőszáma a 14.3. táblázatból vehető ki.

14.3. táblázat

A hibagyakoriság jelzőszámai

	1	2	3	4	5
Hibagyakoriság n %	10-ig	10 felett 20-ig	20 felett 30-ig	30 felett 50-ig	50 felett

A jellemző varratosság (L) a jellemző varratosság (s) tisztesése, legfeljebb azonban 300 mm:

$$L = 10 \cdot s \text{ mm (max 300 mm)}$$

Ha a radiogram hossza nagyobb, mint a jellemző varratosság, akkor a kiértékelésnél a jellemző varratosságot a felvétel azon szakaszán kell kijelölni, amelyben a hibák leggyakrabban fordulnak elő. Ha a hibák leggyakrabban a radiogram végén jelentkeznek, akkor a jellemző varratosság meghatározásához a szomszédos felvételeket is figyelembe kell venni. A hibák a hibatípus betűjével, majd azt helykihasználással követően a hibagyakoriság és a hibagyakoriság jelzőszámából képzett kétjegyű számmal kell megadni (pl. Ba 32).

A varrathibákat típusuktól, valamint a hibagyakoriság és hibagyakoriság jelzőszámától függően a 14.4. táblázatban foglaltak szerint kell radiográfiai fokozatokban (R 1- R 5-ig) sorolni.

A radiográfiai hibafokozat tulajdonképpen varratépségi jellemző és a varratminőségre utal. A tervező a megkívánt varratminőséget a radiográfiai hibafokozat megadásával írja elő. (Pl. a varratok legfeljebb R3 hibafokozatnak lehetnek, ennek megfelelően az előforduló R4, ill. R5 varratokat javítani kell).

14.4. táblázat

Radiográfiai hibafokozatok

Hibatípusok	R1	R2	R3	R4	R5
Aa, Ad, Ba, Bc	11, 12	13 21, 22	14, 33 31, 32	15, 24, 33 41, 42	
Ab, Ac, Ae	11	12 21	13, 22 31	14, 23 32	
Bb	-	11, 12	13 21, 22	14, 23 31, 32	Az összes többi jelzőszám
C	-	-	-	11, 12	
Da	-	11, 12 13, 14	15 21, 22	23 31, 32	
Db, Fe	-	-	11	12, 21	
Dc	-	-	11, 12	13, 14 21, 22, 23	
Ea, Eb, Ec	-	-	-	-	
Fa, Fb	Besorolás a varrat előírása szerint				

- Sugárvédelmi bemutató, Dózismérő ismertetése,
- Bemutató: Fókuszbeállítás (egyenes, ferde) film felhelyezés, lemez-
csőre, Filmkazetta, erősítő fólia bemutató, Szórt-
sugárzás elleni védekezés bemutatója.
- Lilliput 120 ismertetése, kapcsolás gyakorlása
- Exponálási idő kiválasztása Lilliput nomogram felhasználásával.
- Hibás varrat röntgen felvételének és a hozzátartozó varratőret
bemutatója.
- Hegesztési varrat röntgenfilmjének radiológiai minősítése.

1. Mérési eredmények matematikai feldolgoása (dr. Tóth László	5
1.1. Egyetlen jellemző eredményeinek feldolgozása	5
1.1.1. Alapösszefüggések	5
1.1.2. Tapasztalati eloszlásfüggvények	6
1.1.3. Az eloszlásfüggvények típusának meghatározása grafikus uton	8
1.1.4. Konfidencia intervallum szerkesztése	13
1.2. Két vagy több jellemző mérési adatnak statisztikai összehasonlítása	14
1.2.1. Szórások összehasonlítása	15
1.2.2. Várható értékek összehasonlítása	16
1.3. Két vagy több jellemző kapcsolatának számszerű meg- határozása	17
1.4. Gyakorló feladatok	21
2. Szakítóvizsgálat (Nagy Gyula, Gál István)	22
2.1. A vizsgálat célja, elve	22
2.2. A próbatést	23
2.3. Próbavétel	25
2.4. A vizsgáló berendezés	25
2.5. Vizsgálat, kiértékelés	25
2.6. A gyakorlaton elvégzendő feladatok	33
3. Szakítóvizsgálat bemetszett próbán (Gál István)	34
A fajlagos törésmunka számítása	34
3.1. A gyakorlat célja	34
3.2. Próbatest, vizsgálat	34
3.3. A fajlagos törésmunka (W_c), ill. az átlagos fajlagos törésmunka (W_m) számítása	34
3.4. A K_t alakítványzó meghatározása	35
3.5. A gyakorlaton elvégzendő feladatok	37
3.6. Példa a gyakorlaton elvégzendő vizsgálatok bizonyla- tolására	39