



Dékánné Kovács Judit

Anyagvizsgálatok – Roncsolásmentes vizsgálati módszerek 1.

NSZFI
NEMZETI SZAKKÉPZÉSI
ÉS FELNŐTTKÉPZÉSI INTÉZET

A követelménymodul megnevezése:

Mérőtermi feladatok

A követelménymodul száma: 0275-06 A tartalelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-005-18

RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLATOK

ESETFELVETÉS – MUNKAHELYZET

Ön a munkavégzése során olyan feladatot kap, hogy vizsgáljon meg egy repedtnek ítélt munkadarabot, majd a vizsgálati eredményeit rögzítse. Ahhoz, hogy az ellenőrzési, mérési feladatot el tudja látni, szüksége van a roncsolásmentesen végezhető vizsgálatok elméleti elsajátításához.

Ezeknek az ismereteknek a megismeréséhez nyújt segítséget ez a tanulási útmutató.

SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

A gyártók közötti minőségi verseny, a gyártástechnológia folyamatos kontrollja, a magasabb szinten biztosítható minőségi gyártás miatt a korszerű hibakereső vizsgálatok bevezetésének további kiszélesedése várható, melyet az egyre szigorúbb szabványok bevezetése és biztonsági előírások törvénybe iktatása is elősegít. A vizsgálat elterjedése elsősorban a nagyipari gyártóknál lehetséges, a magas beszerzési árak miatt a kisebb vállalkozásoknál nem terjedt el számottevően.

A roncsolásmentes anyagvizsgálat az alapanyagok, alkatrészek, gépelemek, szerkezetek jellemzésére használt ellenőrzéseket, mérési eljárásokat és berendezéseket foglalja magába.

AZ ANYAGVIZSGÁLAT FELADATA, MÓDSZEREI:

Feladata:

- szerkezeti anyagok sajátosságairól olyan adatokat szolgáltatasson a tervező és a gyártó számára, amelyek lehetővé teszik annak eldöntését, hogy a rendelkezésre álló anyagok közül egy meghatározott feladatra melyik anyag a legmegfelelőbb.
- megvizsgálni, hogy az elkészített munkadarab belsejében, felületén van-e olyan anyaghiba (zárvány, repedés, ...), ami annak rendeltetésszerű használatát lehetetlenné teszi
- az előzetes vizsgálatok ellenére a gépalkatrész eltörik, rendellenesen károsodik (deformálódik, kopik) a károsodás, törés okának felderítése

Az anyagvizsgálati módszerek::

- Kémiai vizsgálat: a gyártmányok kémiai összetételének meghatározása pl.: a karbon elemzés, a színképelemzés.
- Fizikai vizsgálat: feladata a fajsúly, hőtágulás, hővezetés, villamos vezetőképesség, villamos ellenállás, mágneses tulajdonságok meghatározása.
- Metallográfiai (fémteni) vizsgálat: fémek szövetszerkezetének és átalakulási tulajdonságainak meghatározása. Az anyagban lévő szennyezőanyagok tulajdonság változásával foglalkozik.
- Mechanikai (szilárdságtani) vizsgálat: az anyagjellemzők meghatározása, amely az igénybevételeinek számításához szükségesek pl.: húzó igénybevétellel a folyáshatár meghatározása, nyomó-, hajlító-, nyíró- és csavaró vizsgálat, keménységmérés, törésmechanikai jellemzők, fárasztó vizsgálat.
- Technológiai vizsgálat: azt ellenőrzi, hogy alkalmas-e az anyag a kiválasztott technológiára pl.: az anyag képlékenységét, hegeszthetőségét, forgácsolhatóságát, önthetőségét vizsgálja, pl.: hajtogató- és hajlító vizsgálat, csőtágító- és peremező próba, mélyhúzó vizsgálat.
- Hibakereső (roncsolásmentes) vizsgálatok: a felszíni, vagy belső repedések, rejtett belső folytonossági hiányok: odvasság, gáz- és salakzárványok felderítésére szolgálnak. Ezek a vizsgálatok a szerkezet vagy alkatrész roncsolása nélkül elvégezhetőek. A diagnosztikai ellenőrzésekhez, működés közben, meghatározott időközönként digitalizálják a mért eredményeket (CMMS). Ezáltal a régi Tervszerű Megelőző Karbantartás-t túllépve a műszaki állapottól függő karbantartást (figyelő, jelző rendszerek segítségével) részesítik előnyben.

RONCSOLÁSMENTES ANYAGVIZSGÁLATOK

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

Roncsolásmentes anyagvizsgálat előírásait az MSZ EN 473 szabvány tartalmazza.

A VIZSGÁLATOK CSOPORTOSÍTÁSA:

1. A darab felületén lévő hibák kimutatására

- vizuális megfigyelés,
- mágneses repedés vizsgálat,
- penetrálófolyadékos vizsgálat,
- magnetoinduktív vagy az örvényáramos vizsgálat

2. A darab belsejében lévő hibák kimutatására

- 2.1. Röntgen
- 2.2. γ sugárzó izotópos
- 2.3. Ultrahangos
- 2.4. Akusztikus emissziós vizsgálatok

HOGYAN VÁLASZTJUK KI A VIZSGÁLATI ELJÁRÁST?

Elsődleges, hogy melyik módszerrel mutatható ki a feltételezett hiba legbiztosabban.

Továbbá figyelembe kell venni:

- a darab anyagát, méretét, alakját,
- a hiba alakját, méretét, elhelyezkedését,
- vizsgálati körülményeket.

További fontos szempont lehet a dokumentálhatóság, a korábbi eredményekkel való összevetés lehetősége (repedésnél a terjedés mértéke), a gazdaságosság, a vizsgálat ideje stb.

VIZSGÁLAT SORÁN:

meg kell határozni, hogy a hiba milyen **típusú**, **milyen jelzőszámú a hiba** (MSZ EN 26 520 alapján), illetve a **mérési eredményt** a megengedett hibahatár figyelembe vételével és azt a mérési jegyzőkönyvbe dokumentálni kell.

A hiba	Jelzőszám (MSZ EN 26 520)	Megengedett hibahatár
Repedés	100	Nem engedhető meg
Gázporozitás és gázzárványok	2011, 2013, 2017	Egyes pórusátmérő $e/4$ vagy 2 mm, a leképzett felület legfeljebb 2%-a*
Gázporozitás (egyenletesen elosztva)	2012	Egyes pórusátmérő $e/4$ vagy 2 mm, a leképzett felület legfeljebb 2%-a*
Gázporozitás (pórusos)	2014	Jóváhagyás előtt kötéshibákra ellenőrizni, egyébként, mint 2011, 2012, 2013
Végkráter	2024	Nem engedhető meg
Salak- és folyasztószer zárványok és tömlő alakú gázzárványok (egyese és a varratengellyel párhuzamosak)	3011 3021 2015	Egyes hosszúság legfeljebb $e/3$, a hibák összhosszúsága = $e_{\max} 12e$ hosszúságon, ahol a jelek közötti távolság a leghosszabb hiba hosszának hatszorosánál kisebb
Salak- és folyasztószer- zárványok és hernyó alakú gázzárványok (szabálytalan és nem párhuzamos a varratengellyel)	3012 3013 3022 3023 2016	Egyes hosszúság legfeljebb $e/3$
Vöftrámzárványok	3041	Mint porozitás
Rézzárványok	3042	Nem engedhetők meg
Kötéshibák	401	Nem engedhetők meg
Átolvadási hiba	402	Nem engedhető meg

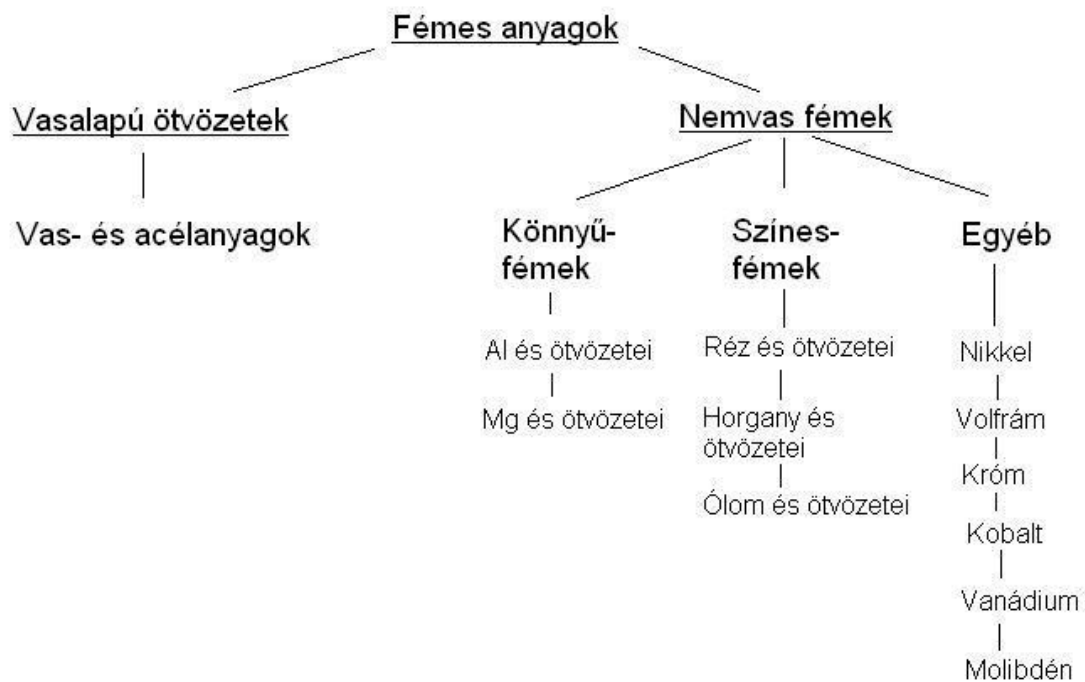
* A felület = az érintett varrathosszúság maximális hosszúsága $\times$ helyi varratszélesség.

1. ábra. Hibatípusok és a megengedett hibahatárai

AZ ANYAGOKAT LEHET CSOPORTOSÍTANI FIZIKAI ÉS KÉMIAI TULAJDONSÁGAIK ALAPJÁN:

- **fémes anyagok** (jó elektromos és hővezető képesség, erőhatásokkal szemben ellenálló, szilárd, stb.)
- **fémserű anyagok** (tulajdonságaikat tekintve átmenet a fémek és a nemfémes anyagok között), illetve
- **nemfémes anyagok** (elektromos vezetésük rossz, a fémekkel ötvözetet nem alkotnak).

A fémes anyagok csoportosítását a következő ábra szemlélteti:



2. ábra. Fémes anyagok csoportosítása

A fémek széntartalom és sűrűség szerinti csoportosítását figyelhetjük meg a következő bontásban:

FÉMEK					
VASÖTVÖZETEK					
	ACÉLOK (ALAKÍTHATÓ VASÖTVÖZETEK)		C [%]	p [kg/m ³]	
	SZERKEZETI ACÉLOK (Megmunkálandó vasötvözetek)	Általános célra: alakításra, forgácsolásra, hegesztésre, hőkezelésre	0-0,76		
		Speciális célra: hidegszívós, melegszilárd, korrózióálló, hőálló			
		SZERSZÁMACÉLOK (Megmunkáló vasötvözetek)		0,76≥C	
		Alakító szerszámok acéljai: hidegalakításhoz, melegalakításhoz		C ≤2,14	
		Forgácsoló szerszámok acéljai: hidegkopásra, melegkopásra			
	ÖNTÖTTVASAK (ÖNTÉSZETI VASÖTVÖZETEK)			4500	
		KARBIDOS ÖNTÖTTVASAK (Fehéröntvények)			4,3-2,14
		Kopásálló öntvények: nem hőkezelt fehéröntvények			
		Temperöntvények: hőkezelendő fehéröntvények			
	GRAFITOS ÖNTÖTTVASAK (Szürkeöntvények)				
	Lemezgrafitos öntöttvasak: közönséges, modifikált				
		Gömbgrafitos öntöttvasak: globulitos, vermikuláris			
NEMVASFÉMEK					
	NEHÉZFÉMEK			≈0	
		FEKETEFÉMEK ÉS ÖTVÖZETEK			
		2000°C alatt olvadó fémek (Mn, Cr, Ni, V, Co, Zr) és ötvözeteik			
		2000°C felett olvadó fémek (Mo, W, Nb, Ta, Hf, Re) és ötvözeteik			
		SZÍNESFÉMEK ÉS ÖTVÖZETEK			
		Félnemes fémek (Cu, Zn, Pb, Sn) és ötvözeteik			
		Nemes fémek (Ag, Au, Pt, Pd) és ötvözeteik			
	KÖNNYŰFÉMEK			≤4500	
		1000°C ALATT OLVADÓ FÉMEK ÉS ÖTVÖZETEK			
		Alakítható Al- és Mg- ötvözetek			
Öntészeti Al- és Mg-ötvözetek					
	1000° C FELETT OLVADÓ FÉMEK ÉS ÖTVÖZETEK				
	Alakítható Ti- és Be- ötvözetek				
	Öntészeti Ti- és Be-ötvözetek				

3. ábra. Fémek csoportosítása

A gépipar számára igen fontos fémek felosztásánál (2. ábra) a legnagyobb mennyiségben gyártott fémes anyagok a **vasötvözetek** tekinthetők viszonyítási alapnak. A $\rho=4500 \text{ kg/m}^3$ -nél nagyobb sűrűségűek a **nehézfémek** (pl. a vasra $\rho=7850 \text{ kg/m}^3$), az azoknál könnyebbek ($\rho \leq 4500 \text{ kg/m}^3$) a **könnyűfémek** (pl. Al, Mg, Ti, Be, Li, Ca, Y, Sc). Nehézfémeken belül **feketefémnek** tekintjük a vasat és ötvözőit (pl. Mn, Cr, Ni, V, Co, Zr, Mo, W, Nb, Ta, Hf, Re), **színesfémnek** nevezzük pl. a rezt, a cinket, az ólmot, az ónt és a nemesfémeket.

A vashoz ($T_{olv}=1538^\circ \text{ C}$) képest **kisebb olvadáspontja** ($T_{olv}<1000^\circ \text{ C}$) van pl. a cinknek, az ólomnak, az alumíniumnak, a magnéziumnak, míg **nagyobb olvadáspontú** ($T_{olv}>2000^\circ \text{ C}$) pl. a molibdén, a volfrám, a nióbium, a tantál. Értékük (ritkaságuk) és korrózióállóságuk alapján a vashoz képest **nemesfémek** az ezüst, az arany, a platina, a palládium. Ezek szerint megkülönböztethetünk: **vasalapú fémes anyagokat**, azaz vasötvözeteket és **nemvas fémeket**.

A **vasötvözetek** a bennük lévő karbon– (szén–) tartalomtól függően öntöttvasak (öntészeti anyagok) és acélok (alakítható anyagok) közé sorolhatók be. Az öntöttvasak a karbon megjelenési formája (vegyület, elemi szén) szerint karbidosak vagy grafitosak lehetnek. Az **öntöttvasak**nál kevesebb karbont tartalmazó acélok szintén a karbontartalom –és azzal összefüggő keménység, ill. kopásállóság–szerint oszthatók fel szerszámacélokra és szerkezeti acélokra. A **szerszámacélok** két fő alkalmazási területe: az **alakítással** és a **forgácsolással** történő anyagmegmunkálás **szerszámainak** gyártása. A **szerkezeti acélok** egy részét általános felhasználásra (alakítással, forgácsolással, hegesztéssel, hőkezeléssel történő feldolgozásra), másik részét valamilyen **speciális** rendeltetésre, azaz egy-egy jellegzetes károsodással (kúszás, ridegtörés, korrózió, revésedés, ...) szembeni ellenállásra szánják.

A nemvas fémekre is jellemző, hogy a fő ötvözőik mennyisége szerint alakítható (alakítási célú) és öntészeti ötvözeitiket különböztetik meg, azaz szilárd oldatos (kisebb ötvöző anyag tartalmú) és eutektikusos (nagyobb ötvöző tartalmú) változataik fontosak a gyakorlat szempontjából.

Mindkét csoportban vannak: nemesíthető (hőkezeléssel módosítható tulajdonságú) és nem nemesíthető ötvözetek. Ez utóbbiak viszont rendszerint jól hegeszthetők. A fémek fontos jellegzetessége, hogy az elektronok egy része az atommagoktól függetlenül képes az anyagban mozogni. Ez eredményezi a jó elektromos– és hővezető–képességet, ill. a fényvisszaverő–képességet.

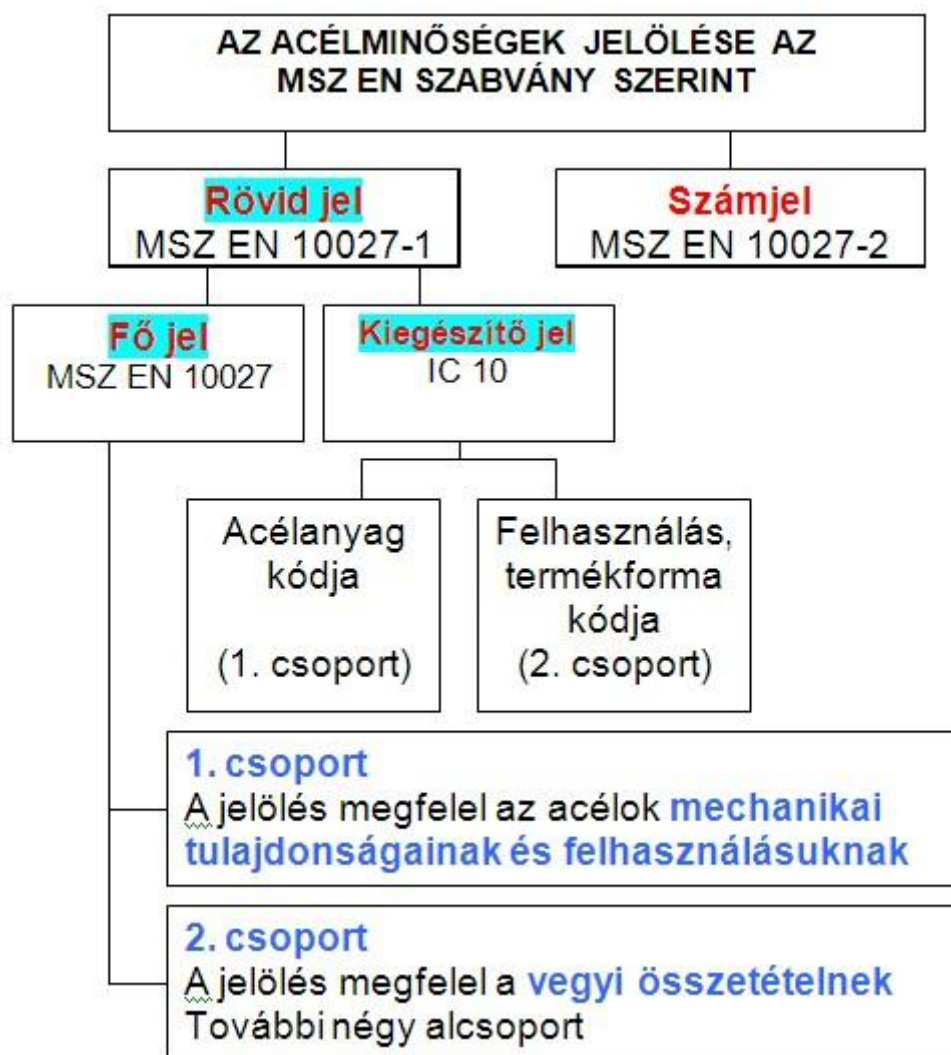
A fémes kötés kötési energiája széles sávot fog át, ami az egyes fémek nagyon eltérő olvadáspontjában is megnyilvánul. A legkisebb olvadáspontú (-39°C) a higany, a legnagyobb (3410°C) a volfrám a gyakorlatban alkalmazott fémek között. A fémes állapot nem tökéletesen stabil, ezért a legtöbb fém levegőatmoszférában korrodálódik. Ez a korróziós (károsodási) folyamat főként intenzitásában (időegység alatt bekövetkező anyagkárosodás értékében) mutat különbözőségeket az egyes fémek esetében.

A "**csecsemőhalandóság**" jellemző a legtöbb vasszerkezetre, a "**felnőttkort**" az alumínium "éri meg", a "**hosszú élet titkát**" az arany és a platina "ismeri".

A probléma "orvoslása" a korrózióvédelem különböző módszereinek bevetésével kísérhető meg.

AZ ACÉLMINŐSÉGEK JELÖLÉSÉRE AZ MSZ EN 10027-BEN KÉTFÉLE JELÖLÉSI MÓD VAN:

- Az acélminőségek rövid jele az MSZ EN 10027–1:2006 szerint
 - Az acélminőségek szám jele az MSZ EN 10027–2:1994 szerint
- Az alábbi ábra mutatja az MSZ EN jelölési rendszer felépítésének vázlatát:



4. ábra. Az acélminőség jelölésének rendszere

I.RÖVID JEL:

FŐ JEL 1. CSOPORT

Az acélok jelölése mechanikai tulajdonságaik és felhasználásuk szerint

A kód tartalmazza a fő jeleket, amelyet egy szám követ.

A fő jelek az acél felhasználási területére vonatkoznak, amelyek a következők:

- a.,
 - S – szerkezeti acélok pl. S355N
 - P – acélok nyomástartó felhasználására pl. P275NH
 - L – acélok csővezetékekhez pl. L290GB
 - E – gépacélok pl. E360

Ebben a csoportban a főjelet követő szám a legkisebb anyagvastagságra vonatkozó legkisebb folyáshatár értéke N/mm^2 -ben, amely lehet felső vagy alsó folyáshatár (R_{eH} vagy R_{eL}), vagy terhelt állapotban mért egyezményes folyáshatár (R_p), vagy névleges folyáshatár (R_t). Ezeket az előírásokat a termékszabványok tartalmazzák.

- b.,
 - B – betonacélok pl. B500H
az utána lévő szám a jellemző folyáshatár értéke, N/mm^2
- c.,
 - Y – acélok előfeszített betonszerkezetekhez pl. Y1770C
az utána lévő szám a szakítószilárdság alsó értéke, N/mm^2
- d.,
 - R – sínacélok pl. R0900Mn
az utána lévő szám a szakítószilárdság alsó értéke, N/mm^2
 - H – hidegen hengerelt lapos acéltermékek nagy szilárdságú acélból hideghúzásra; az ezt követő szám az előírástól függően vagy a folyáshatárt, vagy a szakítószilárdságot jelenti N/mm^2 -ben pl. H360LA
- e.,
 - D – lapos termékek hidegalakításra DC04
- f.,
 - T – ónozott termékek
- g.,
 - M – elektrotechnikai acél

A kiegészítő jelek két részből állhatnak.

A jel vonatkozhat az acél egyéb **mechanikai tulajdonságára** (pl. ütőmunka értékére: $J \Rightarrow 27J$, $K \Rightarrow 40J$, $L \Rightarrow 60J$), és az utána lévő jel a **vizsgálati hőmérsékletet** jelzi ($+20^\circ C$ -tól $-60^\circ C$ -ig). Ezeket a jeleket a következő táblázat foglalja össze:

Ütőmunka			Vizsgálati hőmérséklet
27 J	40 J	60 J	$^\circ C$
JR	KR	LR	+20
J0	K0	L0	0
J2	K2	L2	-20
J3	K3	L3	-30
J4	K4	L4	-40
J5	K5	L5	-50
J6	K6	L6	-60

Példa

Az MSZ EN 10027-1 szerint a min. $R_e=355 \text{ N/mm}^2$ folyáshatárú, -20°C -on KV 27J szavatolt ütőmunkájú, normalizált szerkezeti acél jele: S355J2. A következő táblázatban látható a jelölés származtatása:

Fő jel MSZ EN 10027-1 szerint		Kiegészítő jel IC 10szerint
S	355	J2
szerkezeti acél	minimum $R_e=355 \text{ N/mm}^2$	ütőmunka min.27J -20°C -on

Továbbá utal a szállítási állapotra, pl.:

- M – termomechanikusan hengerelt
- N – normalizált vagy szabályos hőmérsékleten hengerelt
- Q – nemesített

FŐ JEL 2. CSOPORT

Az acélok jelölése vegyi összetételük szerint

a) Ötvözetlen acélok, ha a Mn-tartalom középtéke 1%-nál kisebb.

Az automata acélok nem tartoznak ebbe a csoportba. (2.1. alcsoport)

A kód sorrendben a következő jeleket tartalmazza:

- a C betűt
- az előírt karbontartalom középtékének százszorosát.

Példa: a 0,45% átlagos karbontartalmú ötvözetlen acél jele: **C45E** vagy **C45R**

b) Ebbe a csoportba tartoznak az ötvözetlen acélok, ha a Mn-tartalom középtéke legalább 1%, az ötvözetlen automata acélok, továbbá az ötvözött acélok (a gyorsacélok kivételével), ha egyik ötvözőeleme sem haladja meg az 5%-ot. (2.2. alcsoport)

A kód sorrendben a következő jeleket tartalmazza:

- az előírt karbontartalom középtékének százszorosát;
- az acél jellemző ötvözőinek vegyjelét, a mennyiség csökkenésének sorrendjében. Azonos mennyiségek esetében alfabetikus sorrendben;
- az ötvözőelemek tartalmát a következő táblázatban megadott tényezővel megszorozva és a legközelebbi egész számra felkerekítve, a 2.2. alcsoport ötvözőelemeinek szorzótényezői:

Az ötvözőelem vegyjele	Szorótényező
------------------------	--------------

Cr, Co, Mn, Ni, Si, W	4
Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	10
Ce, N, P, S	100
B	1000

c) Az ötvöztött acélok – a gyorsacélok kivételével – ha bármelyik ötvöző mennyisége meghaladja az 5%-ot (2.3. alcsoport)

A kód sorrendben a következő jeleket tartalmazza:

- az X betűt;
- az előírt közepes karbontartalom százszorosát;
- a jellemző ötvözőelemek vegyjelét, mennyiségük csökkenő sorrendjében
- az ötvözőelemek előírt mennyiségének középértékét, a legközelebbi egész számra kerekítve.
- Példa
- A 2,1% C-tartalmú, illetve 12 % Cr – tartalmú szerszámacél jele: X210Cr12

d) Gyorsacélok (2.4. alcsoport)

A kód sorrendben a következő jeleket tartalmazza:

- HS betűket
- az ötvözőelemek átlagos mennyiségét, egymástól kötőjellel elválasztva, a következő sorrendben:
 - volfrám (W)
 - molibdén (Mo)
 - vanádium (V)
 - kobalt (Co)
- Példa
- A 6% volfrám, 5% molibdén, a 2% vanádium, 5% Co-tartalmú gyorsacél jele: HS 6-5-2-5, számjele:1.3243 (Valamennyi gyorsacélban átlagosan 4% Cr van, ezért ezt külön nem jelöljük)

II. AZ ACÉLOK JELÖLÉSÉNEK SZÁMRENDSZERE

Az acélanyagok jelölésére arab számjegyeket használunk, mivel ez az adatfeldolgozás számára alkalmasabb, mint a rövid jel. Ezt acélszámoknak nevezzük.

A számrendszerben acélcsoportok vannak. A fő csoportok, és ezeken belül az alcsoportok az alábbiak:

- a., ötvöztetlen acélok, ezen belül
 - minőségi acélok és nemesacélok
- b., ötvöztött acélok, ezen belül

- minőségi acélok és nemesacélok.

A nemesacélok további alcsoportokat tartalmaznak, ezek a következők:

szerszámacélok, különféle acélok, korrózióálló acélok, szerkezeti acélok, acélok nyomástartó edények gyártására – és gépacélok.

– AZ ACÉL SZÁMJELÉNEK FELÉPÍTÉSE:

– 1. XX XX(XX), ahol:

- 1.: Az anyagcsoport száma, 1 = acél
- XX: Az acélcsoport száma az 5. ábra alapján
- XX(XX): sorszám (A zárójelben lévő számok további lehetséges jelölésre fenntartva)

Az acélok számjelei az 1-es számjeggyel és az azt követő ponttal kezdődnek. A pont után általában négy számjegy következik. Az első két számjegy annak a mezőnek a koordináta pontja, amelybe az acélt besorolták. Ennek első számjegye az oszlop sorszáma, a második számjegye a sor sorszáma. A 3. és 4. számjegy a csoportba besorolt acél csoporton belüli sorszámát jelenti.

A számrendszer szerkezete a 4. táblázatban látható.

Az 5. táblázatban összefoglaljuk néhány gyakrabban használt melegen hengerelt acéltermék MSZ EN szerinti jelölését, feltüntetve a korábbi érvényét vesztt MSZ szerinti jelölését, továbbá a DIN szerinti jelét is.

A 6. táblázatban a nemesíthető szerkezeti acélok MSZ EN 10083 szerinti jelölése mellett feltüntettük a ma már érvénytelen MSZ 61:1985 szerinti jelölést, mivel az új jelölések még nem mentek át a köztudatba.

A nemesíthető szerkezeti acélokból gyártott munkadarabok kedvező mechanikai tulajdonságait különböző hőkezelési eljárásokkal lehet kihasználni. Ezekből az acélokból nemesítő hőkezeléssel (edzés + megeresztés) a nagy szilárdság mellett nagy szívósságot is el lehet érni, és nem csak statikus, de lökésszerű, dinamikus igénybevételnek is ellenálló szerkezetek is gyárthatók, a kis szelvény mérettől a nagy keresztmetszetű alkatrészekig bezárólag.

A 7. táblázatban a betétben edzhető acélok MSZ EN 10084:2001 szerinti acéljelölések mellett összefoglaltuk a már érvénytelen, korábbi MSZ 31:1985 szabványnak körülbelül megfelelő minőségű acélok jelöléseit is.

A betétben edzhető acélok jellegzetessége, hogy a kis karbon-tartalmú, de szívós acélt, felületi kérgesítéssel kopásállóvá tesszük. Ennek lényege, hogy a felületbe karbon-atomokat diffundáltatunk a levegőtől elzárva nagy hőmérsékleten szilárd cementáló szemcsékből, vagy gáznemű közegből, vagy olvadt sófürdőből. Ezután hőkezelési eljárásokkal a felületen kopásálló kérget hozunk létre, de ugyanakkor a munkadarab magja szívós marad. Ez a szerkezet a dinamikus igénybevételeknek is és a felületi koptató hatásoknak is jól ellenáll.

	Ötvöztelen acélok					Ötvözött acélok									
	Alap-acélok		Minőségi acélok	Nemes-acélok	Minőségi acélok	Nemesacélok	Szerszámacélok		Különféle acélok	Korrózió és hőálló acélok	Szerkezeti, nyomástartó-edény- és gép-acélok				
Nr															
0	00	90				10			20	30	40	50	60	70	80
1						11			21	31	41	51	61	71	81
2															
3															
4															
5									25 W-V Cr-W-V						
6															
7															
8															
9						19			29	39	49	59	69	79	89

5. ábra. Az acélok számrendszerének felépítése

A 2. oszlop 5. sora a 25-tel jelzett mező. Ebbe a mezőbe a W-V és a Cr-W-V ötvöztetésű szerszámacélok tartoznak.

Például az 1.2542 jelű acél a pneumatikus kalapácsok fejtőnyársának szerszámanyaga, amelynek rövid jele 45WCrV7, és átlagos összetétele:

C=0,45%, W=1,8%, Cr=1%, V=0,2%.

MSZ EN 10025	MSZ EN 10027-2:1994	MSZ 500:1989	MSZ 500:1981	MSZ 6280:1982	DIN 17100
Rövid jel	Szám jel				
S185	1.0035	Fe 310-0	A0		St 33
S235JR	1.0038	Fe 235 B	A 38 B	37 B	RSt 37-2
S235J0	1.0114	Fe 235 C		37 C	St 37-3U
S235J2	1.0117	Fe 235 D			
S275JR	1.0044	Fe 275 B	A 44	45 B	St 44-2
S275J0	1.0143	Fe 275 C		45 C	St 44-3U
S275J2	1.0145	Fe 275 D			
S355JR	1.0045	Fe 355 B			
S355J0	1.0553	Fe 355 C		52 C	St 52-3U
S355J2	1.0577				
S355K2	1.0596	Fe 355 D			
S450J0	1.0590				
E295	1.0050	Fe 490-2	A 50		St 50-2
E335	1.0060	Fe 590-2	A 60		St 60-2
E360	1.0070	Fe 690-2	A 70		St 70-2

6. ábra. Melegen hengerelt ötvöztelen szerkezeti acélok

MSZ EN 10083 Rövid jel	MSZ EN 10027-2 Számjel	MSZ 61:1985
C22E	1.1151	C 22
C25E	1.1149	C 25
C30E	1.1178	C 30
C35E	1.1181	C 35
C40E	1.1186	C 40
C45E	1.1191	C 45
C50E	1.1206	C 50
C55E	1.1203	C 55
C60E	1.1221	C 60
28Mn6	1.1170	Mo 1
38Cr2	1.7003	
38CrS2	1.7023	
46Cr2	1.7006	
46CrS2	1.7023	
34Cr4	1.7033	Cr 1
34CrS4	1.7037	Cr 1 E
37Cr4	1.7033	Cr 2
37CrS4	1.7037	Cr 2 E
41Cr4	1.7035	Cr 3
41CrS4	1.7039	Cr 3 E
25CrMo4	1.7218	CMo 1
25CrMoS4	1.7213	CMo 1 E
34CrMo4	1.7220	CMo 3
34CrMoS4	1.7226	CMo 3 E
42CrMo4	1.7225	CMo 4
42CrMoS4	1.7227	CMo4 E
50CrMo4	1.7228	
36CrNiMo4	1.6511	
34CrNiMo6	1.6582	NCMo 5
30CrNiMo8	1.6580	NCMo 6
36NiCrMo16	1.6773	
51CrV4	1.8159	CrV 3

7. ábra. Nemesíthető szerkezeti acélok

MSZ EN 10084 Rövid jel	MSZ EN 10027-2 Számjel	MSZ 31:1985
C10E	1.1121	C 10
C10R	1.1207	
C15E	1.1141	C 15
C16E	1.1148	
C16R	1.1140	
17Cr3	1.7016	
28Cr4	1.7014	BC 2
28CrS4	1.7036	
16MnCr5	1.7131	BC 3
16MnCrS5	1.7139	
16MnCrB5	1.7160	
20MnCr5	1.7147	
20MnCrS5	1.7149	
18CrMo4	1.7243	~BCMo 1
18CrMoS4	1.7244	
22CrMoS3-5	1.7333	
20MoCr3	1.7320	
20MoCrS3	1.7319	
20MoCr4	1.7321	
20MoCrS4	1.7323	
16NiCr4	1.5714	
16NiCrS4	1.5715	
10NiCr5-4	1.5805	
18NiCr5-4	1.5810	
17CrNi6-6	1.5918	~BNC 5
15NiCr13	1.5752	~BNC 2
20NiCrMo2-2	1.6523	
20NiCrMoS2-2	1.6526	
17NiCrMo6-4	1.6566	~BNCMo 1
17NiCrMo6-4	1.6569	
20NiCrMoS6-4	1.6571	
18CrNiMoS6-4	1.6587	
14NiCrMo13-4	1.6657	~BNCMo 2

8. ábra. Betétben edzhető acélok

Nehézfémeken belül színesfémnek nevezzük a rezet, a cinket, az ólmot, az ónt és a nemesfémeket

A nemvasfémek olvadáspontjuk szerint lehetnek:

- Alacsony olvadáspontú, 1000°C alatt olvadó fémek
 - ón (232°C),
 - ólom (327°C),
 - cink (419°C),
 - alumínium (660°C),
 - magnézium (650°C),
 - ezüst (961°C),
- Közepes olvadáspontúak 1000 °C –2000 °C között olvadó fémek
 - arany (1063°C),

- réz (1083°C),
- mangán (1244°C),
- nikkel (1452°C),
- titán (1660°C),
- platina (1769°C),
- króm (1900°C),
- vanádium (1900°C),
- Magas olvadáspontúak 2000 °C felett olvadó fémek
 - molibdén (2620°C),
 - volfrám (3380°C),
- A réz és ötvözetek

A réz: (vörösréz)

A réz (Cuprum) vegyjele: Cu, neve Ciprus szigetének nevéből származik, amely már az ókorban fontos rézlelőhely volt. A réz folyamatosan 100%-ban újrahasznosítható anélkül, hogy tulajdonságai változnának.

Rézből készült félgyártmányok:

Anyagminőségek jelölése:

- E-Cu: jó villamos vezető $Cu \geq 99,9\%$, a hegesztésre vagy keményforrasztásra való alkalmasság nem követelmény, előgyártmányok és öntvények készítésre alkalmas
- SE-Cu: jó villamos vezető $Cu \geq 99,9\%$, jól alakítható, hegeszthető, keményforrasztható
- SF-Cu: a villamos vezetőképesség nem követelmény $Cu \geq 99,9\%$, jó mechanikai tulajdonságok, hegeszthető, keményforrasztható, előgyártmányok készítésére
- OF-Cu: nagytisztaságú ($Cu \geq 99,95\%$), oxigénmentes réz előgyártmányok készítésére, hegeszthető és előforrasztható
- Az MSZ EN 1057:2006 szabvány alapján a SF- Cu és OF-Cu helyett a **Cu -DHP** vagy **CW024A** a jele foszforral dezoxidált, nagytisztaságú réznek ($Cu + Ag \text{ min } 99,90\%$ és $0,015\% \leq P \leq 0,040\%$),

Hengerelt termékek: a vörösréz lemezek és szalagok, melyeket hideghengerléssel és nyújtva egyengetve állítanak elő a felhasználási területnek megfelelő anyagminőségben. Alkalmazható anyagminőségek: SE-Cu, E-Cu, SF-Cu

Az E-Cu és SE-CU lemezeknek a vezetőképessége jobb, az SF-Cu lemezek mechanikai tulajdonságai kedvezőbbek. SF-Cu lemezeket akkor alkalmaznak, ha a korrózióállóság a fontos és nagyobb tisztaságú ötvözetre van szükség. A lemezek lágy, félkemény, kemény kivitelben készülnek.

Felhasználási területük:

- Híradástechnika, automatizálási terület
- Díszítőelemenként
- Burkolóanyagként

- Élelmiszeriparban
- Lepárlók, üstök anyagaként
- Külső és belső építészetben (tetőfedésre, bádogosipari anyagaként)
- Tömítő alátétként (magasnyomású hidraulikus berendezéseknél)
- Fémnyomott, mélyhúzott termékek gyártása
- Érme, kitűző Jelvény, plakett készítésére
- Lámpa gyártásához

Meleghengerléssel vagy melegsajtolással majd több lépésben történő hideghúzással a réztuskókból varrat nélküli vörösréz csövek gyárthatók

A rézcsövek kialakítását a különböző célokra szabványok írják elő. Például a MSZ EN 1057:2006 szabvány a varrat nélküli, kör szelvényű rézcsövek kialakítását, anyagminőségét írja elő vízhez és gázhoz valamint egészségügyi és fűtési alkalmazásra. A szabvány alapján a rézcsöveket különböző keménységgel, szálban vagy tekercsben hozzák forgalomba lágy (R220) rézcső, félkemény (R250) rézcső és kemény (R250) rézcső megjelöléssel.

A réz szilárdsága hidegalakítással növelhető és hevítéssel ismét csökkenthető. Lágy és félkemény csövek előállításához a szilárdság közbelső hőkezeléssel, majd ezt követő hidegalakítással a kívánt értékre beállítható.

Vörösréz rudak

A rudak különböző profillal (kör, négyszög, hatszög, lapos rúd) készülnek a felhasználói igényeknek megfelelő összetételben (*SE-Cu*, *E-Cu*, *Sf-Cu*)

A rézből készült rudak kiváló elektromos és hővezető képességének köszönhetően a villamos iparban például vezetősínként, villamos érintkezőként, kollektor szegmensként építik be. Az ipar egyéb területein mint tartó és díszítőelemként, szegélyek, keretek, csavarok kerülnek felhasználásra

Vörösréz huzalok:

Húzással készülnek, szabadon, illetve csévére tekercselve *SE-Cu*, *E-Cu* anyagminőségekben. Állapotuk lehet lágy, félkemény, kemény. Kiváló az elektromos-, és hővezető képességük mechanikai tulajdonságaik és korrózióállóságuk. Bevonható, galvanizálható és jól lakkozható (szigetelésként transzformátorokba)

Leggyakoribb felhasználási területek:

- Elektrotechnikai elektronikai elemekben
 - A kiskeresztmetszetű ún. hajszálhuzalok az elektronikai kapcsoló és a vezérlő elemek tekercseinek alapanyagai
 - A nagyobb keresztmetszetű huzalokat széles körben alkalmazzák gyenge és erősáramú vezetékhuzalként
- Díszmű ipari alkatrészek (szegecs, csavar) , ékszerek készítésénél
- Kötöző huzalként (galvánózásnál)

3. A réz tulajdonságai:

Fizikai jellemzők:

- A kémiailag tiszta réz kohóréz, katódrez) színe vörös. A villamos vezetőképessége jó (az ezüst után a második legjobb vezetőanyag), de az ötvözők és szennyezők hatására jelentős mértékben csökken. Hőtágulása kétszerese az acél hőtágulásának. Lapon középpontos kockarácsú, nem mágnesezhető fém:

Fizikai jellemző	Érték
Olvadáspont	1083 °C
Sűrűség	8,9 kg/dm ³
Villamos vezetőképesség	58 m/Ωmm ²
Hőtágulási együttható	17*10 ⁻⁶ mm/m °C

Mechanikai tulajdonságok:

- A réz közepesen kemény (~60HB) fém
- Szakítószilárdsága $R_m = 150\text{--}200$ MPa, melynek értéke hidegalakítással növelhető 400–500 MPa értékre
- *Magyarázat:* hidegalakítás hatására a szemcseszerkezet torzul és fokozatosan egyre jobban ellenáll a külső alakító erőnek, az anyag keménysége, szakítószilárdsága nő. Az alakítási keményedést a kristályszerkezetben lejátszódó folyamatok okozzák. Egy keményedési határ elérése után a további képlékeny alakításnál elkerülhetetlen a repedések kialakulása és az anyag törése, ezért hőkezelést kell alkalmazni (pl. újrakristályosító hőkezelés)
- Nyúlása: $A = 40\text{--}50\%$, mely a keménység növekedésével csökken
- A réz szilárdsági jellemzőinek javítása ötvözéssel is elérhető

Technológiai tulajdonságai:

- képlékenyen alakítható, hidegen jól alakítható
- Nehezen önthető (nagy gázoldó képesség, sűrűn folyó)
- Forgácsolásra inkább ötvözeit alkalmazzák
- jól hegeszthető, de figyelembe kell venni jó hővezető és hidrogénoldó képességét

- A rézötvezetek hővezető képessége a színrézénél jóval kisebb. Mivel az ötvözők jelentős része oxigénelvonó hatású, a rézötvezetek könnyebben hegeszthetők, nehezíti azonban a hegeszthetőséget, hogy néhány ötvözőelem (pl. Zn) kisebb hőmérsékleten párolog.¹

A réz alkalmazása:

- Vezetőanyagként, elektromotorokban, generátorokban
- Építészetben (tetők, ajtók)
- Épületgépészetben a víz, gáz, fűtés csővezetékei
- sűrített levegő vezetékei
- hőcserélőkben

A réz ötvözői:

- Korlátlanul oldódnak a rézben: (alkalmazásuk: villamos ellenállásanyagok)
 - *Mangán* (Cu–Mn mangánbronz)
 - *Nikkel*: (Cu–Mn nikkelbronz)
- Korlátoltan oldódnak a rézben: (alkalmazásuk: szerkezeti anyagok)
 - *Cink* (Cu–Zn sárgarézt)
 - *Ón* (Cu–Sn ónbronz)
 - *Alumínium* (Cu–Al Alumíniumbronz)
- Nem oldódnak a rézben:
 - *Ólom* (Cu–Pb ólombronz) Alkalmazása: csapágyanyagok
 - *Magnézium* (Cu–Mg ónbronz)
 - *Kadmium* (Cu–Cd ónbronz) Alkalmazásuk: villamos vezeték anyagok

A sárgarezekben a réz ötvözője a cink, amelynek hatására a réz keménysége és szilárdsága nő, önthetősége javul, gázoldó képessége csökken, villamos vezetőképessége romlik, légköri hatásoknak ellenáll, jól polírozható lesz.

A sárgarezek

- 20 % Zn tartalomig hidegen jól alakíthatók, de kevésbé jól forgácsolhatók,
- 37% –50% Zn tartalomig melegen jól alakíthatók és jól forgácsolhatók.
- A különleges sárgarezekben a nikkel (Ni) és az alumínium (Al) a szilárdságot, keménységet és a szemcsefinomságot javítja, míg a Mn és az Sn a melegszilárdaságot növeli és ellenállóvá teszi a sárgarezeket a tengervízzel szemben
- Az alpakka (újezüst) 5–30% nikkelt és 13–35% cinket tartalmaz, a korrózióállósága és rugalmassága miatt alkalmas dísz tárgyak evőeszközök, membránanyagok készítésére.

Alkalmazás:

- Radiátorcső, gáz-, vízszelvények, szelepek, gépalkatrészek, fogaskerek

- Forraszanyagok (CuZn40Si)
- Bútoripar
- Fürdőszobai szerelvények,
- Lakás-felszerelési termékek,
- Építőipar
- Speciális ötvözetű sárgaréz csövekből (pl. CuZn20Al2) kondenzátorok, ipari hőcserélők

Ónbronzz

Az ónbronzzok réz és ón ötvözetek. Felhasználásuk alapján az ónbronzzok lehetnek:

- **Érembronzzok:** kisebb óntartalmú, jól alakítható, szilárd oldat típusú ötvözetek, például: CuSn2; CuSn4. Elsősorban érmék, rugók, csavarok, huzalok készítésére használják.
- **Gépbronzzok:** 6–10 % óntartalmú, nagy szilárdságú rézötvözetek, amelyeknek a nyúlása sem csökken jelentősen, ezért gépalkatrészek készítéséhez alkalmazhatók. Például CuSn6; CuSn8 ötvözetek: fogaskerekek, csigakerekek, szivattyúalkatrészek, armatúrák készítésére használják
- **Csapágybronzz:** 10–14% óntartalmú (CuSn12) lágy alapszövetből (Cu–Sn szilárd oldat) és kemény vegyületkristályokból álló ötvözet, amely nagy szilárdsága, jó önthetősége és főleg jó siklási tulajdonsága miatt kiválóan alkalmas siklócsapágyak készítésére.
- **Harangbronzz, szoborbronzz:** a 14%-nál nagyobb óntartalmú bronzzok, amelyek csak öntéssel alakíthatók a kívánt formára

Többszárkötös ónbronzzok

- **Vörössötvözet** (vörösfém): Cu–Sn–Zn ötvözetek, amelyekben az ón egy részét cinkkel helyettesítik például a CuSn10Zn2. Az ónbronzzoknál olcsóbb, de kevésbé terhelhető ötvözetek. Önthetőségük és korrózióállóságuk jobb az ónbronzzénál. Jó kopási tulajdonságú anyagok, ezért siklócsapágyak, vezetőelemek (pl. vezetőlécek) készítésére is alkalmasak.
- **Foszforsbronzz:** Cu–Sn–P ötvözetek. A kis mennyiségű foszfor ridegebbé, keményebbé teszi az ötvözetet. Jó siklási tulajdonságú, nagy szilárdságú anyagok ezért nagy felületi terhelésnél gépalkatrészek gyártására használják. Önthetőségük és korrózióállóságuk jó. A kevesebb ónt és foszfort tartalmazó ötvözetekből rudakat és lemezeket állítanak elő, míg a magasabb (8–20%) ón és foszfort (~ 1.5%) tartalmú ötvözeteket csapágyperselyek bélelésénél alkalmazzák.

Alumíniumbronzz (Cu – Al)

- A réz ötvözője az alumínium (5–11%), amelynek hatására a réz szilárdsága nő, korrózióállósága javul. Az alumínium tartalom növekedésével (8% felett) nagymértékben növekszik az ötvözet szilárdsága, de a szívósság és az alakíthatóság ezzel egyidejűleg csökken.

- Az alumíniumbronzok szilárdságát és hőállóságát vas, nikkel illetve mangánötvözással növelik. A különleges alumíniumbronzok magas hőmérsékleten is nagy szilárdságúak, melegen jól alakíthatók.
- A alumíniumbronzokat széles körben használják fel a gépiparban, perselyeket, fogaskerekeket, dörzstárcsákat, tömszelencéket, dugattyúgyűrűket és csavarokat is készítenek.
- Jól ellenáll a szerves savak és a tengervíz hatásának, még a kénsav sem támadja meg, ezért élelmiszeripari gépek és erős korrózióknak kitett szerkezetek készítésére alkalmas. Korrózióállóságuk miatt az alumíniumbronzokat fel tudják használni a vízvezetékek szerelvényeihez, szivattyúk és gőzturbinák öntvényeihez és a tengerhajó alkatrészek gyártására is.

Különleges bronzok

- **A szilíciumbronzokat (Cu-Si)** az ónbronzo helyettesítésére alkalmazzák, mivel olcsóbbak, jól hegeszthetők, kopásállóak és korrózióállóak. Például AISi3 Alkalmazzák élelmiszeripari szerelvények, szennyvíztisztítók, füstszűrők öntött alkatrészeinek az előállítására.
- **Ólombronz:** csapágybélések anyaga (15–35% Pb). A kis szilárdságú, lágy ólom nagy sebességű hűtés mellett igen finom eloszlásban képes kiválni és kikristályosodni, ezzel a belőle készült siklócsapágnak különlegesen jó siklósi tulajdonságokat biztosít
- **Csapágyfémek:** (Cu-Pb-Sn-Sb): lágy alapanyagba ágyazott kemény kristályok, a kemény szövetelem viseli a csap terhelését, biztosítja a csapágy kopásállóságát, a lágy alapanyag a jó beágyazó képességet és a siklósi tulajdonságokat valósítja meg.
- Villamos ellenállásanyagok: **konstantán** (réz – nikkel 60–40%), **manganin** (réz–mangán – nikkel)

ÖTVÖZET	R _{p0,2} [MPa]	R _m [MPa]	A ₅ [%]	Felhasználás
CuSn2		300	60	Szalag, huzal, cső, érem Öntészeti ötvözetek, armatúrák, gép és csapágybronzok, csigakerekek.
CuSn4	230	320	52	
CuSn6	250	350	60	
CuSn8		400–450	55	
CuSn10	180	200–350	3–10	
CuSn12	200	250–350	3–10	
CuSn8Zn5		200–250	4–10	Szalag, huzal, cső
CuAl5 (ö)		300	50	

(s)		420	60	Öntvények (ö), sajtoló termékek (s)
CuAl10 (ö)		450	30	
(s)		550–650	10	
CuAl10Fe3Mn (ö)		600	12	
CuAl10Fe4Ni4 (ö)		650	10	Korrózióálló, hegeszthető ötvözetek
Cu Si3		250	20	
CuSi1Ni3		600	12	Csapagyötvözetek
CuPb3		60	4	
CuPb25Sn5		180	6–8	
CuPb12Sn10		200	8	Nagyszilárdságú vezetékanyagok
CuCr1		350	17	
CuCr1Zn		400		
CuCo1,5Ag1Be0,4		705	8	Igen nagy szilárdságú szalag, lemez, öntvény. Nem szikrázik
CuBe2NiTi	900–1000	1110–1350	2,5	

Ólom (Pb) és ötvözetek

Tulajdonságai:

- Alacsony olvadáspontú (327 °C) fém
- Nehézfém, sűrűsége 11,34 g/cm³
- Rácsszerkezete: felületen középpontos köbös kristályrács
- Szürkésfehér, de levegőn gyorsan oxidálódik és sötét színűvé válik
- Nagy mennyiségben felhalmozódva az élő szervezetben mérgező hatású
- Korrózióálló és saválló, csak az oxidáló savak oldják például a salétromsav
- Kis szilárdságú ($R_m = 10\text{--}15\text{ MPa}$)
- Képlékeny fém, kis erővel, jól alakítható, önthető
- Hegeszthető és forrasztható fém
- Sugárzás elleni védelmet biztosít

Ötvözetek:

- Fő ötvözői az antimon (Sb), ón (Sn), és az arzén (As) növelik az ólom szilárdságát és a korrózióállóságát
- *Betűfém*: ólom–ón–antimon ötvözet (Pb – Sn – Sb) régi típusú nyomdaipari gépeken alkalmazták
- *Forrasztanyagok*:
- *Cin*: ón–ólom (Sn–Pb) eutektikus összetételű forrasztanyag (37% Pb)
- *Gyorsforrasztók*: alacsony olvadáspontú bizmut – ólom – ón–kadmiumötvözetek például a *Wood fém* (71 °C), *Lipowitz-fém* (55°C)

Alkalmazása:

- Járművillamossági elemek: akkumulátor lemezek, saruk, csatlakozók, kábelköpenyek anyaga
- Röntgen és radioaktív sugárzás elleni védelemre (γ – sugarakat elnyeli)
- Lágyforraszokban (cin, Wood fém, Lipowitz fém),
- Csapágyanyagokban ötvözőként
- Vegyipari tartályok bélelésére
- Csövek és kábelburkolatok készítésére
- Festékgyártásban
- Üveggyártásban (ólom-oxid)
- Lőszergyártásban
- Ón (Sn) és ötvözetei

Ötvözői: ólom, arzén (As), antimon (Sb), bizmut (Bi)

Alkalmazása

- Acéltárgyak bevonása: konzervdobozok (fehérbádog)
- Forrasztóanyagok lágyforrasztáshoz: ón-ólom ötvözetek alacsony olvadáspontú eutektikus ötvöze a cin (Sn63Pb); Wood fém, Lipowitz fém
- Csapágyfém (fehérfém): ón, ólom, réz és antimon jól önthető ötvöze (Sn-Pb-Cu-Sb)

Cink (Zn) és ötvözetei

- Hétköznapi neve a horgany
- Színe kékes-fehér árnyalatú, fémes fényű
- Alacsony olvadáspontú, 419 °C
- Nehézfém, sűrűsége 7,14 g/cm³
- Hexagonális kristályrácsú, kevésbé alakítható
- Jó villamos vezető
- Jó korrózióálló, felületi bevonatok készítésére alkalmas az emberi szervezetre nagyobb mennyiségben káros, ezért cinkkel bevont edényben nem szabad élelmiszert tartani
- Jól önthető fém, de az öntött cink kis szilárdságú, rideg anyag.
- Szakítószilárdsága ($R_m = 120-150$ MPa)
- 150–200°C közötti hőmérsékleten kovácsolható, 200°C felett rideggé, törékennyé válik

Felhasználása:

- Korrózióálló bevonatok készítésére horganyzott lemez formájában
- *Szürkebádog*: cinkkel (horgannyal) bevont vaslemez, melyet tetőfedésre, esőcsatornák, párkányok, vödrök készítésére használnak
- A villamos iparban galvánelemek elektródáiként és szárazelemek gyártásához alkalmazzák
- Ötvöző anyagként, például a réz és alumínium ötvözetekben

Ötvözetek:

- A cink – alumínium (Zn–Al) ötvözetek jó szilárdságú és jól önthető anyagok, de öregedésre hajlamosak
- A cink– alumínium–réz (Zn–Al–Cu, Zn–Al–Cu–Mg) ötvözetek öregedési hajlama kisebb, szakítószilárdságuk $R_m = 260\text{--}300 \text{ MPa}$, a drágább rézötvözetek helyettesítésére alkalmasak

NEMESFÉMEK

A nemesfémek szokásos környezeti hatásokra nem oxidálódnak, kis reakcióképességű, kémiai passzív, ritka fémek. "Nemes" jelzőjüket is e tulajdonságok miatt kapták. A nemesfémek közé soroljuk a rézcsoporthoz tartozó elemek közül az aranyat és az ezüstöt, valamint a platina-csoport elemeit (platina, ruténium, ródium, palládium, ozmium, irídium)

A nemesfémek közül az ezüst a legjobb villamos és hővezető, az arany a legjobb a korrózióállósága és a platina a legmagasabb olvadáspontú fém

Ezüst (Ag)

Az ezüst fehér színű, 1000 °C alatt olvadó (960 °C), az aragnál könnyebb, de a réznél és a vasnál nehezebb fém (sűrűsége 10,5 g/cm³). A fémek közül a legjobb a villamos és hővezető képessége. Baktériumölő hatása miatt már az ókorban is használták. Szabályos lapközepes kockarácsú fém, az arany után a legjobban alakítható, kis szilárdságú.

Jól ötvözhető, ötvözői lehetnek a réz, cink, kadmium, nikkel, ólom, ón, és a nemesfémek.

Alkalmazása:

- Fő alkalmazási területe a villamos ipar, elektrotechnika, vezetőanyagok, érintkezők, elektródák készítésére
- Alkalmazzák a fototechnikában
- Bevonatok készítésére, a galvántechnikában anódként
- Forrasztóanyagként a keményforrasztásban

Arany (Au)

- Az arany sárga színű, közepes olvadáspontú (1063 °C), nehézfém (sűrűsége 19,3 g/cm³) Villamos és hővezető képessége kiváló. Magas hőmérsékleten sem lép reakcióba az oxigénnel és a kénnel. Lapközepes, köbös rácsszerkezetű, jól alakítható fém, akár 0,0001 mm vastagságú lemezzé is hengerelhető.

Alkalmazása:

- Elektronikai, híradástechnikai gyártmányok, érintkezők anyaga, félvezető egységek kivezetéseinek bevonása

- Ékszerek készítésére (Ag, Cu, Ni, Pd ötvözés) sárga, vörös és fehérarany az ötvözés mértékétől függően
- Egészségügyben pl. gyógyszerek készítésére
- Érmék, plakettek készítésére

Platina

Magas olvadáspontú (1769°C), a nemesfémek csoportjába tartozó **nehézfém** (sűrűsége 21,45 g/cm³). Kémiaiilag ellenálló, lapközepes, köbös rácsszerkezetű, kis szilárdságú fém. Kopásállóságát, keménységét ötvözéssel növelik. Általában a platinafémekkel együtt fordul elő, vagy elemi állapotban a nikkel és réz ásványokban. Ötvözői a réz, ezüst, palládium (Pd) és a ródium (Rh)

Alkalmazása:

- Benzinüzemű gépkocsik katalizátoraiban,
- Üvegipar
- Vegyületeit a gyógyszeriparban
- Ékszerek készítésénél

1. A DARAB FELÜLETÉN LÉVŐ (FELÜLET KÖZELI) ELTÉRÉSEK KIMUTATÁSÁRA ALKALMAS MÓDSZEREK

1.1. VIZUÁLIS MEGFIGYELÉS:

Felületi hibákról beszélünk, ha a felületre kijövő repedések észlelhetők. Legtöbb esetben a felületi hibákból erednek a további károsodások, törések, ezért igen fontos szerepe van a korai felismerésnek. Segédeszközként kézi nagyító, üregek vizsgálatánál endoszkóp, video endoszkóp alkalmazhatók, a felületet gondosan elő kell készíteni.

Ez a legtöbb esetben a tisztítást, esetleg a maratást jelenti, de nagyon fontos a megfelelő megvilágítás is.

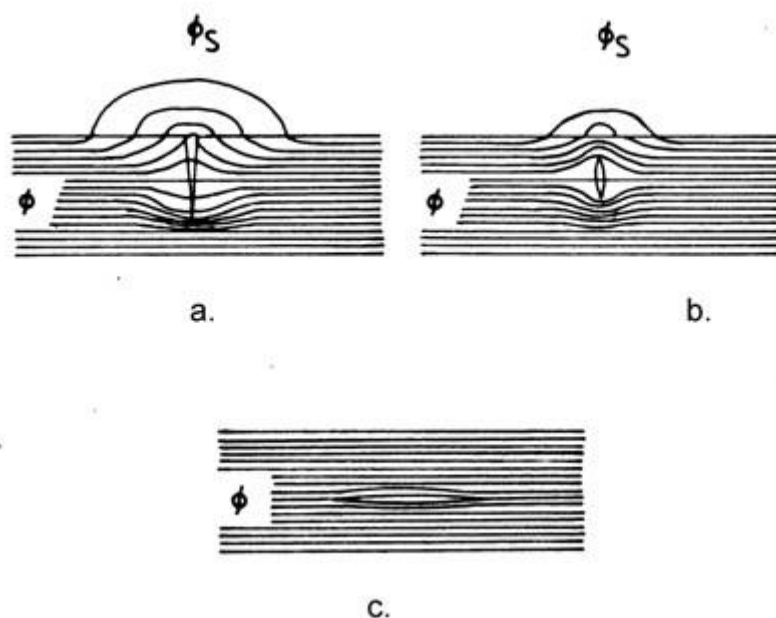
Alkalmazás:

Video kamerák és TV segítségével – amelyek néhány másodperc alatt leképezik a darabot– a szállítószalagon mozgó alkatrészek is ellenőrizhetők.

Különösen fontos ez az elektronikai iparban. Optikai lézerrel nagyon kis elmozdulások, vibráció, maradó feszültségek okozta méretváltozások is vizsgálhatók

1.2. MÁGNESES REPEDÉSVIZSGÁLAT:

Ferromágneses fémek felületén, vagy felületének közelében lévő szabad szemmel nem, vagy alig látható folytonossági hiányok (repedések, zárványok, pórusosság stb.) kimutatására alkalmas módszer.



9. ábra. Mágneses repedésvizsgálat

Vizsgálat elve: A vizsgálandó darabot mágnesesen telített állapotba hozzák, felületét mágnesezhető anyagot tartalmazó szuszpenzióval vonják be. Ha a darabon a mágneses erővonalakkal szöget bezáró felületi hajszálrepedés van, akkor az erővonalak kitérnek. Ezt mutatja be a 9. ábra három különböző repedés esetében.

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

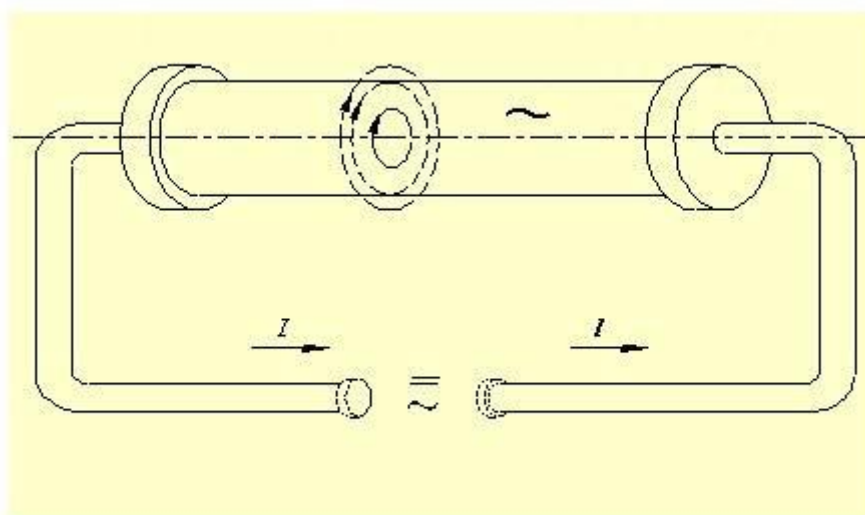
Folytonos térrel történő mágnesezés

Áramátvezetéssel

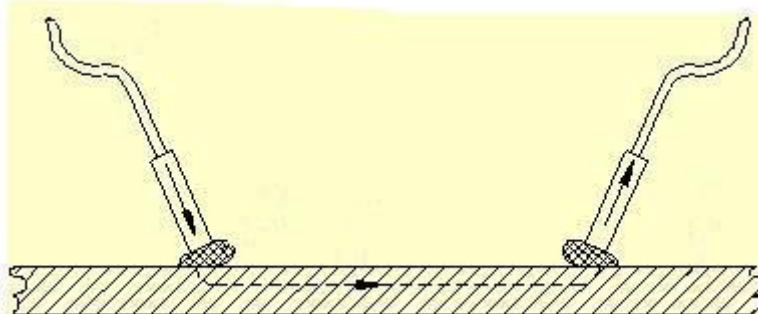
Elsődlegesen hosszirányú hibák kimutatására

Alkalmazás:

- hosszú darabok pl. rudak, tengelyszerű alkatrészek, csövek vizsgálatára,
- a nagyméretű, helyhez kötött munkadarabok.



10. ábra. Hosszú darabok vizsgálata

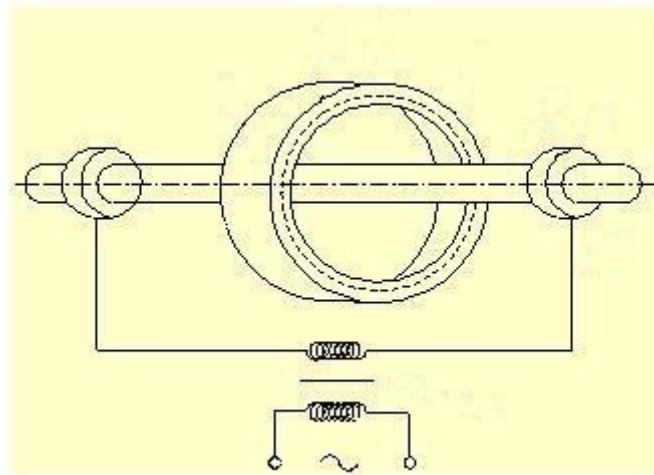


11. ábra. Nagyméretű darabok vizsgálata

Folytonos térrel történő mágnesezés

Tér módszer, járommágnesezés

- keresztirányú folytonossági hiányok kimutatására alkalmas (12. ábra)
- hosszú darabok mágnesezésére az átfutó tekercses tekercsmágnesezés terjedt el

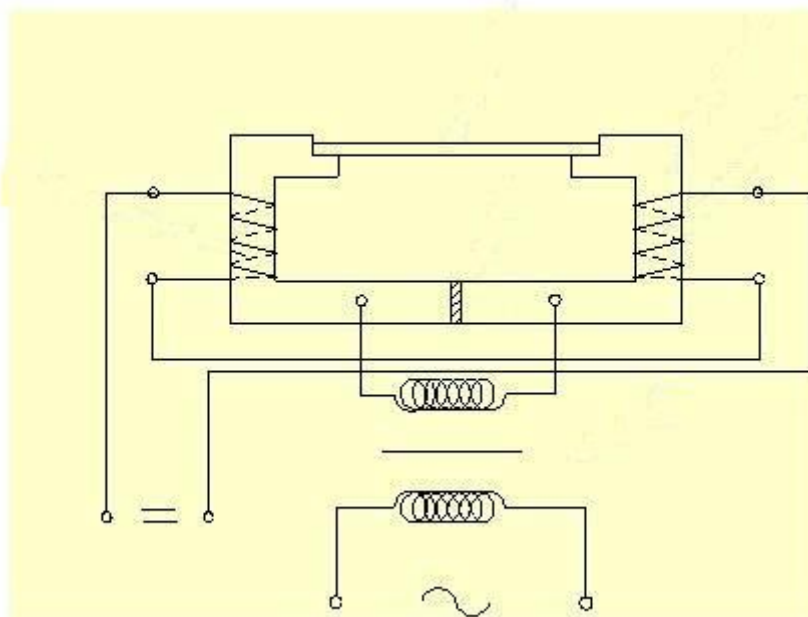


12. ábra. Keresztirányú hiányosságok kimutatása

Folytonos térrel történő mágnesezés

Kombinált mágnesezés

- kombinált módszerek alkalmazása, melyek egyaránt alkalmasak hossz- és keresztirányú mágneses tér gerjesztésére (12. ábra).



13. ábra. Kombinált mágnesezés

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

Mágneses repedésvizsgáló gépek, alkalmazási példák



14. ábra. Mágneses repedésvizsgáló gép

Remanencia módszer

A darabokat egy erős áramlökéssel mágnesezik fel, és a tulajdonképpeni vizsgálatot már nem a gépben, hanem azon kívül végzik el.

Alkalmazás: a tömeggyártásban pl. kisebb kovácsdarabok nagyszériás vizsgálatára, mert gyors, gazdaságos módszer.

A hibakimutatás száraz porral történik.

A módszer előnye, hogy nem lehet a darabot túlmágnesezni, így elkerülhető az előbbieken ismertetett módszereknél előforduló hamis indikáció.

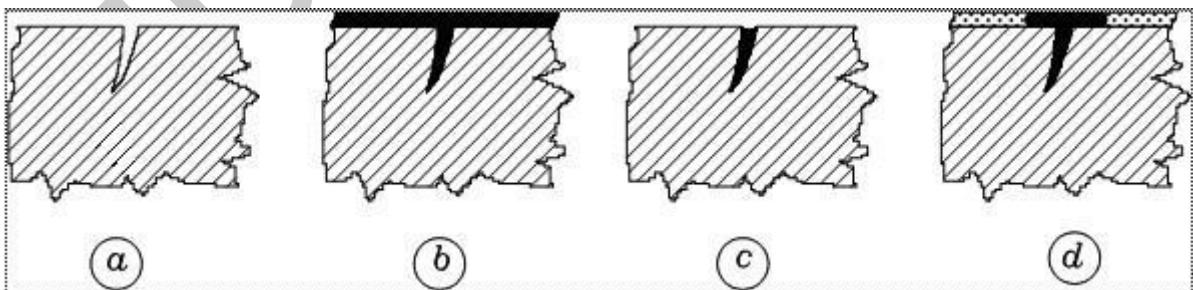
Demagnetizálás

- A darabot demagnetizálni kell, ha:
 - a remanens mágnesesség miatt a felületre tapadó szemcsék gyors kopást vagy berágódást okozhatnak
 - valamilyen műszer működését befolyásolja a remanens mágnesesség
 - a következő megmunkálási műveletet a mágnesesség zavarja pl. a forgács a maró élére tapad stb.
- Nem szükséges a demagnetizálás ha:
 - a vizsgálatot 500 C°-ot meghaladó hőkezelés követi
 - lágyacéloknál váltakozó áramú mágnesezés után

1.3. FOLYADÉK BEHATOLÁSOS VAGY PENETRÁLÓ FOLYADÉKOS VIZSGÁLAT

Porózus anyagok kivételével minden anyag felületi hibáinak kimutatására alkalmazható, a felületre kinyúló folytonossági hiányok, repedések stb. kimutatására alkalmas igen érzékeny vizsgálati módszer.

Vizsgálat elvégzésének lépései az 14. ábra szerint:



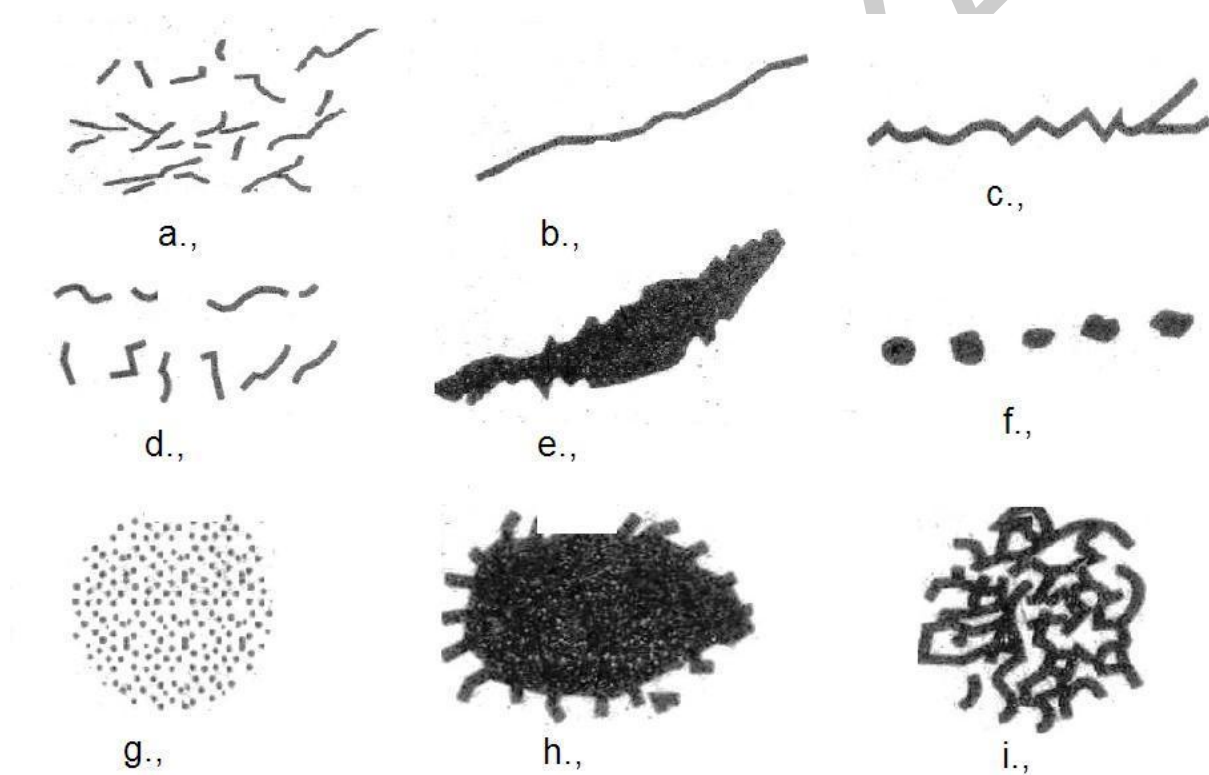
15. ábra. A penetrációs vizsgálat lépései

- a. a felület előkészítése,
- b. a penetrálófolyadék felvitele,
- c. a felesleges folyadék eltávolítása (mosó-tisztító folyadékkal),

- d. előhívás, értékelés

A repedésvizsgálati eljárással kimutatható felületi hibák a 15. ábra részletekben találhatók:

- a., Korróziós feszültségi repedések
- b., Hideg repedés
- c., Meleg repedés
- d., Kösörülési repedés
- e., Szétnyílt repedés
- f., Porózusság
- g., Pórusfészek
- h., Felnyílt porózusság
- i., Szivacsos, porózus szerkezet



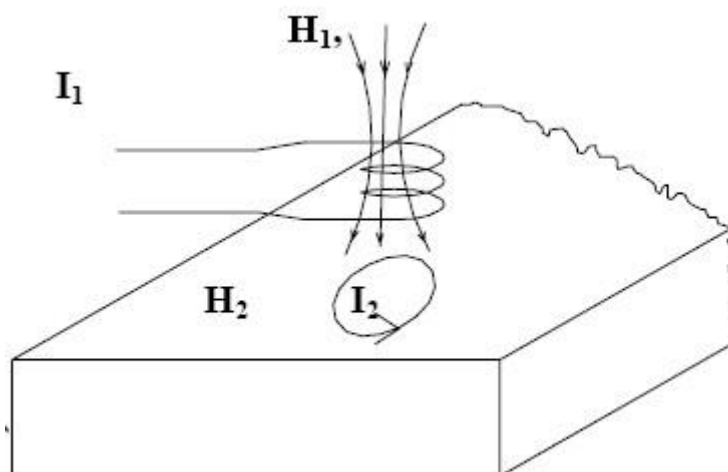
16. ábra. Kimutatható felületi hibák típusai

1.4. MAGNETOINDUKTÍV ÉS ÖRVÉNYÁRAMOS VIZSGÁLAT

A vizsgálat fizikai alapja:

- ha egy tekercsben váltakozó áram folyik (I_1), akkor az elektromosan vezető anyagokban (H_2) az időben változó mágneses tér (H_1), indukció útján áramot (I_2) 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 (a H_2 gyengíti a H_1 mágneses erejét), mely eredő erőterhez vezet. Ezt az erőteret mérni és értékelni lehet, változásaiból, viselkedéséből különböző anyaghibákra vagy anyagtulajdonságokra lehet következtetni.

A vizsgálat elve:



17. ábra. Örvényáramos vizsgálat elve

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 helyezük el. Ha a darab az etalonnal összetételében, hőkezeltiségében, keménységében stb. megegyezik, akkor a műszer nem tér ki, ha eltérés van, akkor jelez.

A vizsgálat alkalmazása:

- Hőkezelt alkatrészek ellenőrzése (válogatás)
- Nem mágnesezhető anyagok,

Örvényáramos vizsgálat

- Az örvényáramos vizsgálat az elektromágneses indukció elvén alapszik. Ha váltakozó árammal táplált tekercset fémtárgy közelébe helyezünk, akkor a fémtárgyban örvényáram keletkezik.
- Az örvényáram nagysága függ:
 - o az anyag fizikai tulajdonságaitól,
 - o a geometriai paraméterektől,
 - o a folytonossági hiányoktól

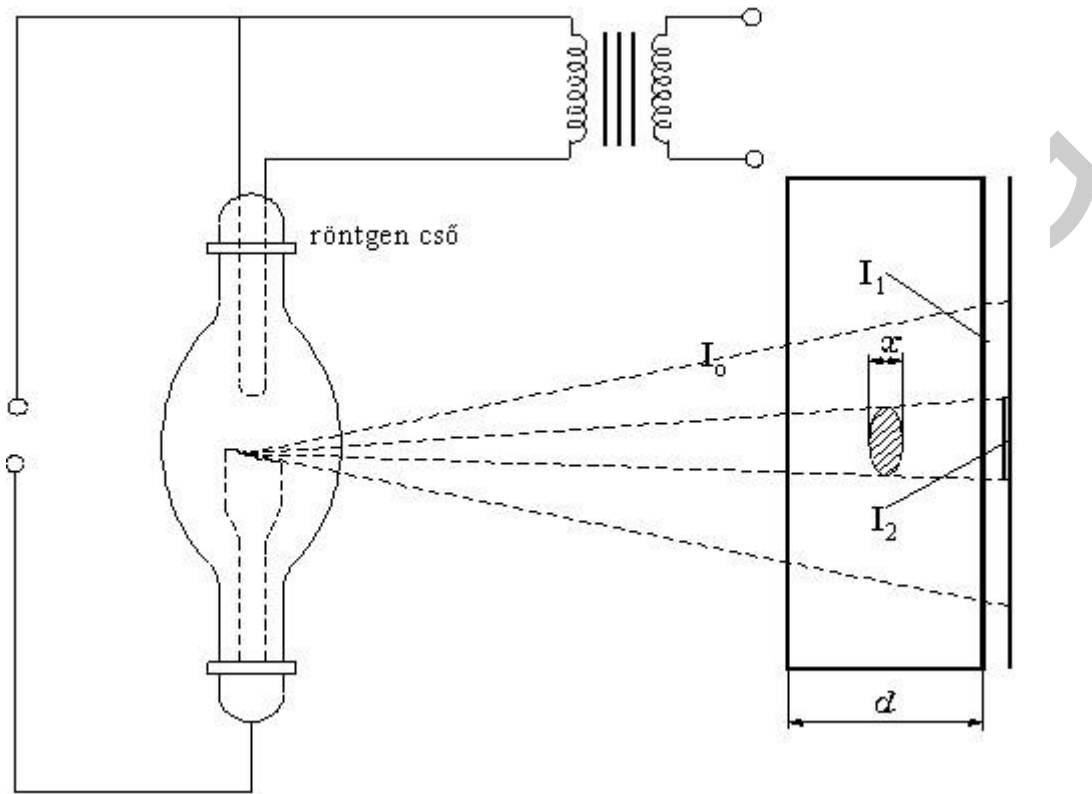
Az örvényáram intenzitása a felületen a legnagyobb, és az anyag belseje felé haladva fokozatosan csökken. A behatolási mélység a frekvencia függvénye

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

2. A DARAB BELSEJÉBEN LÉVŐ ELTÉRÉSEK KIMUTATÁSÁRA ALKALMAS MÓDSZEREK

2.1. RÖNTGEN VIZSGÁLAT

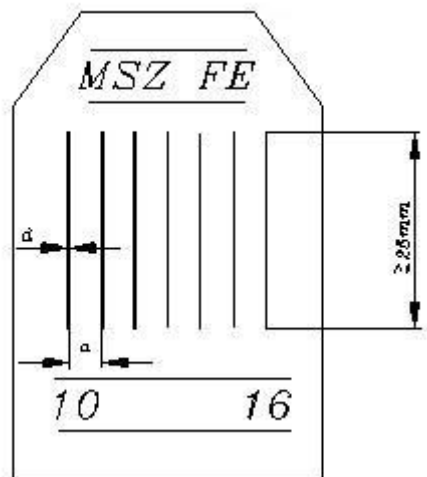


18. ábra. Röntgenvizsgálat elve

Röntgencső működése: A vákuum csőben az izzó katód által kibocsátott elektronokat nagy feszültséggel gyorsítva az antikatódnak ütköztetik. Az ütközési energia nagy része hővé alakul, (ezért hűteni kell) kis részéből azonban jellegzetes hullámhossz megoszlású röntgensugárzás keletkezik. A karakterisztikus sugárzás hullámhossza az antikatód anyagától függ.

Röntgenvizsgálat elve: az anyagon áthaladó sugárzás gyengül, a sugárzás elnyelődés a rendszámmal arányos. Egy anyagon áthaladó sugárzás intenzitását pl. a mögé helyezett filmmel lehet meghatározni. Ha az anyag hibátlan és egyenletes vastagságú, a film feketedése egyenletes lesz, ha hibát tartalmaz – a hiba anyagának rendszámától függően – a hiba helyén nő vagy csökken az intenzitás, tehát feketébb vagy fehérebb folt jelenik meg a filmen.

A képjóság ellenőrzését etalonnal végezzük, amelyet a belépő sugár oldalára a darab és a film közé teszünk.



19. ábra. Etalon a képjóság ellenőrzéséhez

A hibakimutatás érzékenységét befolyásoló tényezők:

- A külső vagy geometriai életlenség, ami lényegében a nem pontszerű fókusztól származó árnyék miatt a hiba körül képződő árnyék. Csökkentése érdekében a filmet közvetlenül a darabra tesszük.
- A belső életlenség a film szemcsészetének függvénye. A durvább szemcsészet kevésbé éles képet ad.

Alkalmazás:

- hegesztett kötések, de lehet
- öntvények,
- csapágysok stb. ellenőrzésére

Röntgen vizsgálat, Átvilágító ernyő

Cinkszulfid bevonattal ellátott ernyő, ahol a nagyobb intenzitású sugárzás éri az ernyőt (hibás rész) a szekunder sugárzás erősebb lesz, tehát a hiba "világosabb folt" formájában jelenik meg.

A vizsgálat kevésbé érzékeny, mint a fényképezés. Ez azzal magyarázható, hogy az ernyő nem helyezhető közvetlenül a darabra, tehát nagyobb a külső életlenség, de ugyanakkor mivel az ernyő szemcsésze is durvább, a belső életlenség is nagyobb.

2.2. IZOTÓPOS VIZSGÁLAT

A darabot γ (Cs137, Co60, Ir192) sugárzó izotópokkal átvilágítjuk.

Eltérések a röntgen vizsgálatától:

- 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 röntgensugárzása, az expozíciós idő hosszabb.

Alkalmazása: Az izotópokat elsősorban csövek, tartályok, kazánok hidak vizsgálatánál használják

2.3. ULTRAHANGOS VIZSGÁLAT

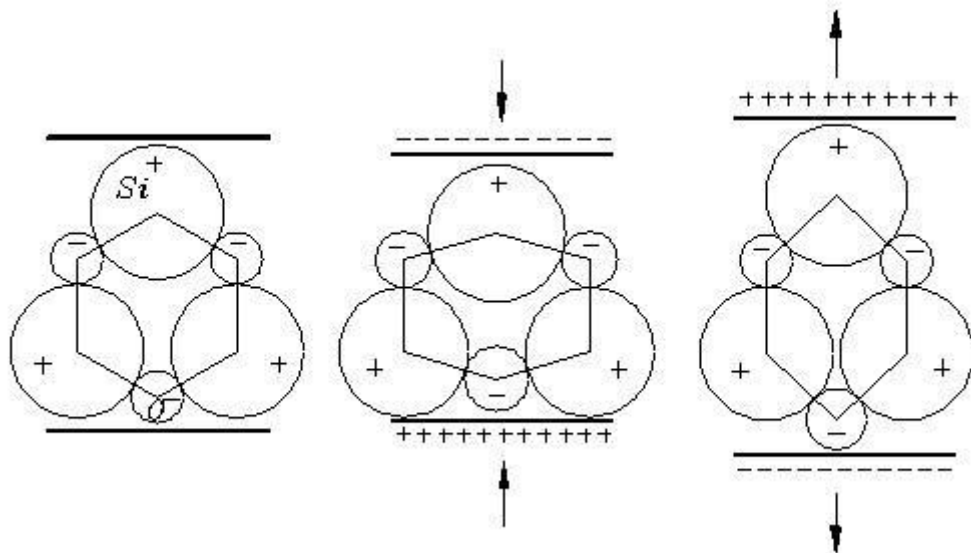
Elve: a nagyfrekvenciájú hanghullámok (ultrahang) a fémekben alig gyengülve, mint irányított sugarak haladnak, azonban határfelülethez érve visszaverődnek. Határfelületnek minősül minden akusztikailag más keménységű közeg, pl. a darab belsejében lévő hibák és a darab hátlapja.

Alapfogalmak:

- Az ultrahangos anyagvizsgálatban használatos frekvencia tartománya 0,25 MHz – 15 MHz között van.
- Az ultrahang terjedési sebessége (v) homogén anyagon belül állandó és az anyag rugalmas jellemzőitől függ.
- A hanghullámok esetében a frekvencia (f), a hullámhosszúság (λ) és terjedési sebesség (v) között összefüggés van.
- $v = \lambda \cdot f$
- A hullámhosszúság ismerete lényeges, mert ultrahanggal csak $\lambda/2$ esetleg ideális esetben $\lambda/3$ nagyságú hibák mutathatók ki

Az ultrahang előállítása

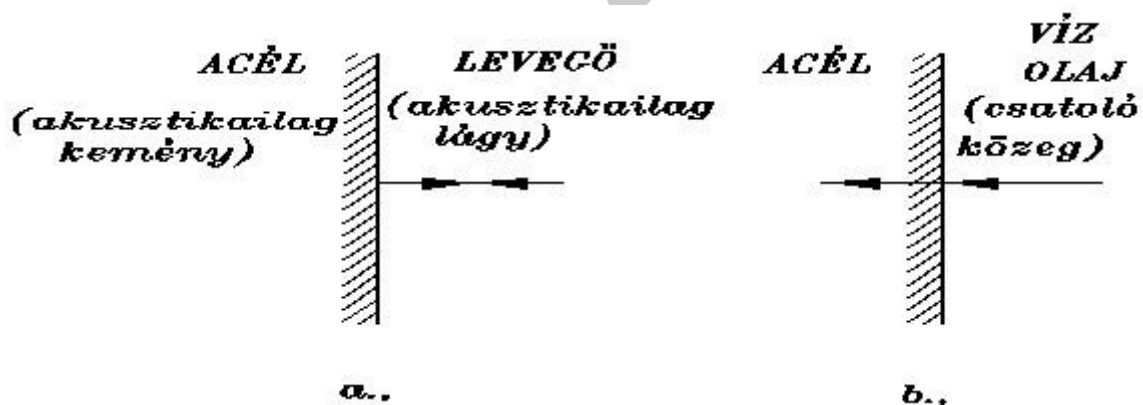
- Piezoelektromos poláris tengellyel rendelkező kristályból meghatározott irányban kivett lemez pl. kvarc (SiO_2)
- Elektrosztikciós polikristályos bariumtitanát,
- A hanghullámokat előállító, illetve érzékelő lemezkét az un. Rezgőt, a vizsgáló fej tartalmazza. A vizsgáló fejek szerkezetileg lehetnek közös adó – vevő fejek; vagy külön adó és vevő rezgőt tartalmazó adó – vevő (SE fejek)



20. ábra. Piezoelektromos lemez

Az ultrahang viselkedése határfelületen: merőleges beesés

Az ultrahang 100%-ban visszaverődik az acélfelületről, ha nem alkalmazunk csatoló anyagot. A csatoló közeg lehet víz, vagy olaj esetleg speciális paszta.

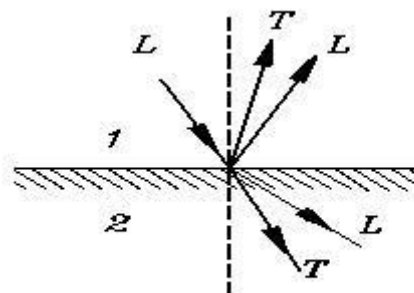


21. ábra. Csatoló folyadékok

Az ultrahang viselkedése határfelületen: ferde beesés

Visszaverődik a felületről, és ha a határfelület áteresztő, megtörik és felhasad.

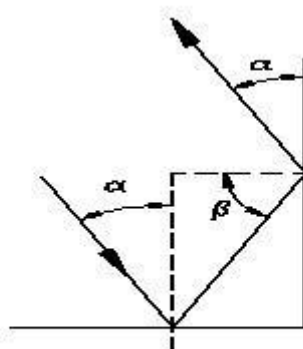
A felhasadás következtében a longitudinális hullám mellett tranzverzális hullámot is kapunk. A két hullámfajta eltérő sebessége miatt a beesési szöget úgy kell megválasztani, hogy csak az egyik, jelen esetben a tranzverzális hullám léphessen be a darabba.



22. ábra. A ferde beesés

Az ultrahang viselkedése: határfelületen, derékszögű határfelület

A hanghullámok derékszögű határfelület esetén önmagukkal párhuzamosan haladnak tovább. Ez a merőleges szögtükör:



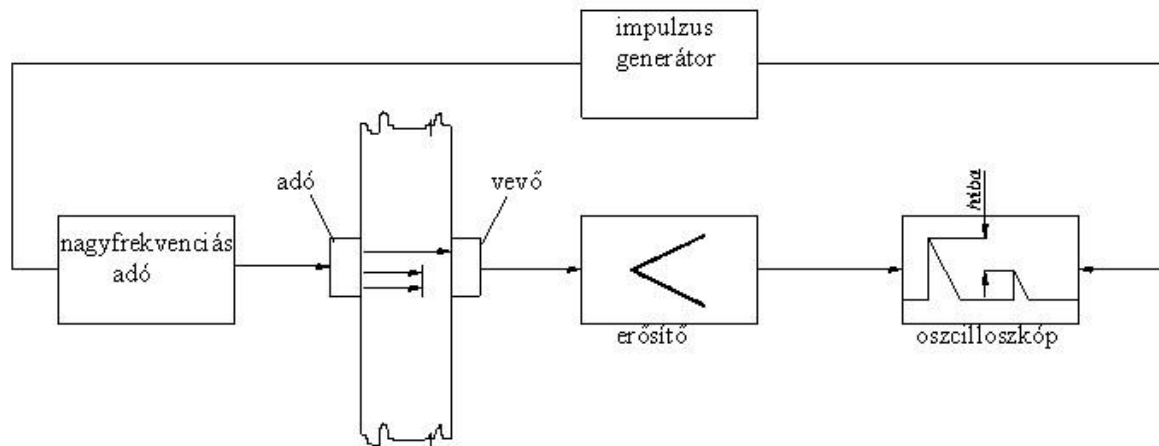
23. ábra. Derékszögű határfelület

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.



24. ábra. A hangátbocsájtásos módszer lényege

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

Impulzusvisszhang módszer esetén egy fej dolgozik felváltva adó ill. vevő üzemmódban.

Impulzus visszhang módszer jellemzői:

- Mivel az ultrahang terjedési sebessége az anyagban állandó, az oszcilloszkóp etalon darabbal való kalibrálása után a darab vastagsága és ha hiba van, annak helye meghatározható, az a monitorról leolvasható.
- Hátránya, hogy a felület közelében lévő hibák (kb. 20 mm, de függ az erősítéstől) nem mutathatók ki.

A vizsgálatnál meg kell tudni határozni az eltérés (hiba): helyét, nagyságát, típusát

2.4. 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.

Megkülönböztethetünk:

- egyedi hangkitöréseket ill.
- folyamatos akusztikus emissziós jeleket.

Akusztikus emisszió jön létre:

- a diszlokációk elmozdulásának hatására (bár ez nagyon kis hangkibocsátással jár),
- fázisátalakulások pl. martenzites átalakulás során,
- repedés kialakulása vagy terjedése során.

Akusztikus emissziós vizsgálatok

Alkalmazás

- A terhelés alatt lévő szerkezetek vizsgálatával, 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 is 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, a forráshelyet azonosítsuk
- Vizsgálhatók olyan helyek is, amelyek a hagyományos módszerekkel nem ellenőrizhetők.
- Olcsó, gyors, a vizsgálat üzem közben is végezhető

Hátránya:

- 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

TANULÁSIRÁNYÍTÓ

Olvassa el az anyagvizsgálatok című szakmai információkat, majd foglalja össze az alábbi kérdésekre a válaszokat!

1. Hogyan lehet csoportosítani a fémes anyagokat?
2. A fémek sűrűség és széntartalmuk alapján hogyan csoportosíthatók?
3. Milyen nemvasfémeket ismerünk?
4. Milyen módon lehet az acélokat szabványosan jelölni?
5. Nézzon utána a táblázatokból hogy milyen anyag az S355J2 jelöléssel ellátott acél!
6. Milyen csapágy anyagokat ismer, milyen összetevőkből állnak?
7. Mi az anyagvizsgálat lényege? Mely iparágban találkozunk vele leginkább?
8. Mit értünk roncsolásmentes vizsgálatokon?
9. Mely vizsgálatok alkalmasak a munkadarab felületén lévő hibák kimutatására?
10. Mely vizsgálatok alkalmasak a munkadarab belsejében lévő hibák kimutatására?
11. Hogyan végezzük a mágneses repedésvizsgálatot?
12. Milyen anyagokon végezhető mágneses repedésvizsgálat?
13. Sorolja fel a penetrációs vizsgálat lépéseit!
14. Milyen anyagoknál alkalmazható a penetrációs vizsgálat?
15. Milyen anyagoknál alkalmazható az örvényáramos vizsgálat?
16. Mi az elve az örvényáramos vizsgálatnak?
17. Milyen alkalmazási területei vannak az örvényáramos vizsgálatnak?
18. Hogyan működik a röntgencső?
19. Soroljon példákat röntgenvizsgálatokra!
20. Mit nevezünk izotópos vizsgálatnak?
21. Miben tér el a röntgen és az izotópos vizsgálat?
22. Hol alkalmazzák a gyakorlatban az izotópos vizsgálatokat?
23. Mi az elve az ultrahangvizsgálatnak?
24. Mit jelent a hangátbocsátásos vizsgálat?
25. Mit jelent az Impulzusvisszhang elvű vizsgálat?
26. A hiba milyen jellemzőjét lehet meghatározni ultrahangvizsgálattal?
27. Mi az elve az akusztikus emissziós vizsgálatnak?

Nézzon utána tankönyveiben vagy az interneten a következő kérdések megválaszolásához!

- Milyen feltételeket támasztanak a csapágyanyagokkal szemben?
- Gyűjtse ki az információtartalomtól a színesfémek legfontosabb tulajdonságait a következő táblázatba! A korrózióállóság, alakíthatóság, vezetőképeség jellemzésére használja a "jó, közepes és nem megfelelő" kifejezéseket!

A fém neve/vegyjele	olvadás-pont	sűrűség	rácsszerkezet	korrózió-állóság	szilárdság	alakíthatóság	vezető-képesség
– Réz/..	–	–	–	–	–	–	

- Ón/...	-	-	-	-	-	-	
- Ólom /.....	-	-	-	-	-	-	
- Cink							

ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK

1. feladat

Sorolja fel, hogy milyen anyagvizsgálati módszereket ismer!

2. feladat

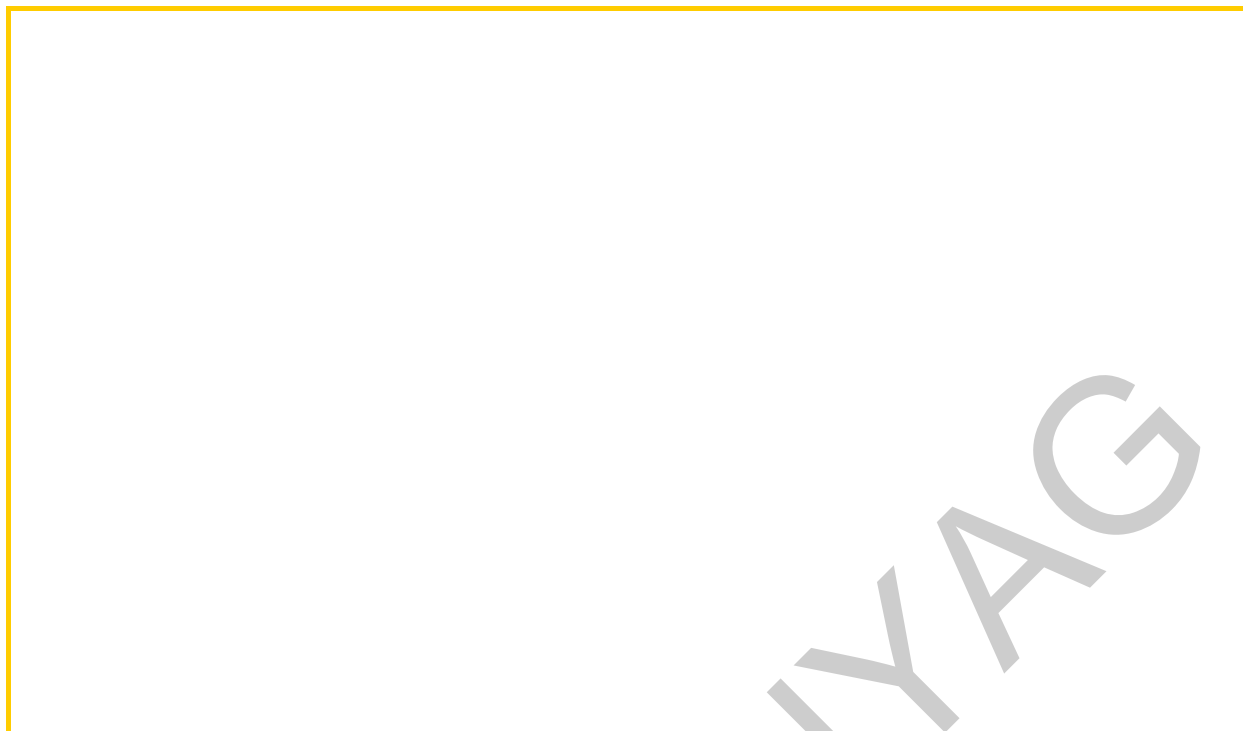
Írja le a roncsolásmentes anyagvizsgálat fogalmát!

3. feladat

A hibakereső vizsgálatokat milyen két alapvető csoportba sorolhatjuk?

4. feladat

Rajzolja fel, hogyan csoportosítjuk a fémes anyagokat!



5. feladat

Vázolja a fémek alcsoportjait sűrűség és széntartalom alapján!



6. feladat

Párosítsa az egyes anyagokat (a.,-f.,) legjellemzőbb felhasználási területeikkel vagy tulajdonságaikkal (1.-6.), írja a megfelelő számot az anyagfelsorolás mellé a vonalra!

- a., Szerszámacél _____
- b., Szerkezeti acél _____
- c., Grafitos öntöttvas _____
- d., Könnyűfémek _____
- e., Színesfémek _____
- f., Nemesfémek _____
1. Nehézfémek: Vörösréz csövek gyártása, forrasztanyagok, csapágyfém, horganyzott bevonatok _____
2. Öntészeti vasöntvözet, törési felülete szürke, szénttartalmuk: 2,14-3,4 % _____
3. Az anyagmegmunkálás szerszámainak anyaga _____
4. Nem oxidálódnak, kis reakcióképességű, kémiaiilag passzív, ritka fémek _____
5. A sűrűségük $\rho=4500\text{kg/m}^3$ -nél kisebb, pl.: Al, Mg, Ti, Be, Li, Ca, Y, Sc _____
6. Egy részét általános felhasználásra, másik részét speciális rendeltetésre (pl.: korrózió, hőállóság) használják. _

7. feladat

Állítsa sorrendbe a következő anyagokat élettartam alapján!

Alumínium, Arany és platina, Vasszerkezet

8. feladat

Határozza meg az S355N J2 jelölésű anyagról a következő tulajdonságokat, használja a szakmai információ fejezet alatt található táblázatot a feladat megoldásához!

Anyag: _____

Re=.....N/mm² minimum folyáshatárú,C°-on, minimum KV=..... J szavatolt ütőmunka.

9. feladat

Írja le a vizuális megfigyelés módszerét! Milyen segédeszközöket ismer?

10. feladat

Milyen anyagokon végezhető mágneses repedésvizsgálat?

11. feladat

Sorolja fel a penetrációs vizsgálat lépéseit, majd írja le, milyen anyagoknál lehet alkalmazni!

12. feladat

Milyen alkalmazási területei vannak az örvényáramos vizsgálatnak?

13. feladat

Milyen elven működik a röntgenvizsgálat? Soroljon példákat röntgenvizsgálatokra!

14. feladat

Miben tér el a röntgen és az izotópos vizsgálat? Hol alkalmaznak izotópos vizsgálatot?

15. feladat

Mi az elve az ultrahangvizsgálatnak? A hiba milyen jellemzőjét lehet meghatározni ultrahangvizsgálattal?

16. feladat

Hol alkalmazzuk az akusztikus emissziós vizsgálatot?

MUNKANYAG

MEGOLDÁSOK

1. feladat

Sorolja fel, hogy milyen anyagvizsgálati módszereket ismer!

- Kémiai vizsgálat
- Fizikai vizsgálat
- Metallográfiai anyagvizsgálat
- Mechanikai anyagvizsgálat
- Technológiai anyagvizsgálat
- Hibakereső anyagvizsgálat

2. feladat

Írja le a roncsolásmentes anyagvizsgálat fogalmát!

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

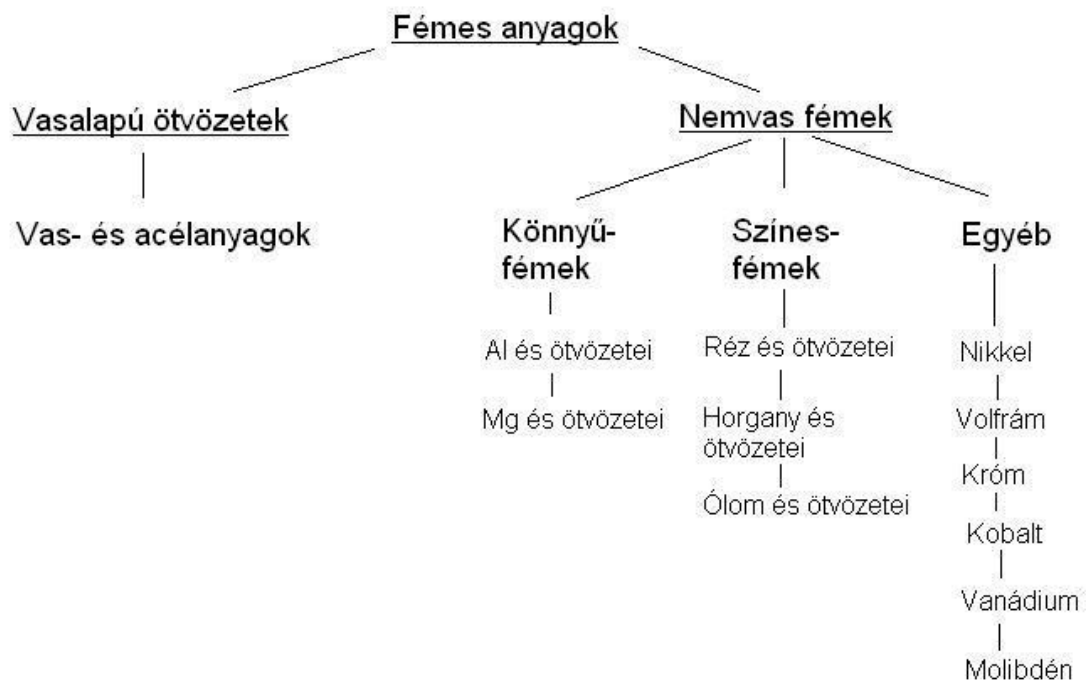
3. feladat

A hibakereső vizsgálatokat milyen két alapvető csoportba sorolhatjuk, illetve azokat milyen alvizsgálatokra?

1. Darab felületén lévő hibák kimutatása: vizuális megfigyelés, mágneses repedésvizsgálat, penetrálófolyadékos vizsgálat, magnetoinduktív vagy örvényáramos vizsgálatok.
2. A darab belsejében lévő hibák kimutatására: röntgen, γ sugárzó izotópos, ultrahangos, akusztikus emissziós vizsgálatok.

4. feladat

Rajzolja fel, hogyan csoportosítjuk a fémes anyagokat!



25. ábra.

5. feladat

Vázolja a fémek alcsoportjait sűrűség és széntartalom alapján!

FÉMEK				
VASÖTVÖZETEK				
	ACÉLOK (ALAKÍTHATÓ VASÖTVÖZETEK)		C [%]	p [kg/m ³]
	SZERKEZETI ACÉLOK (Mégmunkálendő vasötvözetek)		0-0,76	
	Általános célra: alakításra, forgácsolásra, hegesztésre, hőkezelésre			
	Speciális célra: hidegszívós, melegszilárd, korrózióálló, hőálló			
	SZERSZÁMACÉLOK (Mégmunkáló vasötvözetek)		0,76≥C C ≤2,14	
	Alakító szerszámok acéljai: hidegalakításhoz, melegalakításhoz			
	Forgácsoló szerszámok acéljai: hidegkopásra, melegkopásra			
	ÖNTÖTTVASAK (ÖNTÉSZETI VASÖTVÖZETEK)		4,3-2,14	
	KARBIDOS ÖNTÖTTVASAK (Fehéröntvények)			
	Kopásálló öntvények: nem hőkezelt fehéröntvények			
Temperöntvények: hőkezelendő fehéröntvények				
GRAFITOS ÖNTÖTTVASAK (Szürkeöntvények)				
Lemezgrafitos öntöttvasak: közönséges, modifikált		4500		
Gömbgrafitos öntöttvasak: globulitos, vermikuláris				
NEMVASFÉMEK				
	NEHÉZFÉMEK			≈0
	FEKETEFÉMEK ÉS ÖTVÖZETEK			
	2000°C alatt olvadó fémek (Mn, Cr, Ni, V, Co, Zr) és ötvözeteik			
	2000°C felett olvadó fémek (Mo, W, Nb, Ta, Hf, Re) és ötvözeteik			
	SZÍNESFÉMEK ÉS ÖTVÖZETEK			
	Félnemes fémek (Cu, Zn, Pb, Sn) és ötvözeteik			
	Nemes fémek (Ag, Au, Pt, Pd) és ötvözeteik			
	KÖNNYŰFÉMEK			≤4500
	1000°C ALATT OLVADÓ FÉMEK ÉS ÖTVÖZETEK			
	Alakítható Al- és Mg- ötvözetek			
Öntészeti Al- és Mg-ötvözetek				
1000° C FELETT OLVADÓ FÉMEK ÉS ÖTVÖZETEK				
Alakítható Ti- és Be- ötvözetek				
Öntészeti Ti- és Be-ötvözetek				

26. ábra.

6. feladat

Párosítsa az egyes anyagokat (a.,–f.,) legjellemzőbb felhasználási területeikkel vagy tulajdonságaikkal (1.–6.), írja a megfelelő számot az anyagfelsorolás mellé a vonalra!

- a., Szerszámacél: 3
- b., Szerkezeti acél: 6
- c., Grafitos öntöttvas: 2
- d., Könnyűfémek: 5
- e., Színesfémek: 1
- f., Nemesfémek: 4

7. feladat

Állítsa növekvő sorrendbe a következő anyagokat élettartam alapján!

Vasszerkezet, Alumínium, Arany és platina

8. feladat

Határozza meg az S355N J2 jelölésű anyagról a következő tulajdonságokat, használja a szakmai információ fejezet alatt található táblázatot a feladat megoldásához!

Anyag: normalizált szerkezeti acél ,

Re=...355...N/mm² minimum folyáshatárú, ...-20....C°-on, minimum KV= ...27..... J szavatolt ütőmunka.

9. feladat

Írja le a vizuális megfigyelés módszerét! Milyen segédeszközöket ismer?

Felületi hibákról beszélünk, ha a felületre kijövő repedések észlelhetők.

A vizsgálat módszere: a tisztítás, esetleg a maratás, majd a megfelelő megvilágítás mellett a megfigyelés.

Segédeszközként kézi nagyító, üregek vizsgálatánál endoszkóp, video endoszkóp alkalmazhatók, a felületet gondosan elő kell készíteni.

10. feladat

Milyen anyagokon végezhető mágneses repedésvizsgálat, mit mutat meg?

Amelyek mágnesezhetőek. A fémek felületén, vagy felületének közelében lévő szabad szemmel nem, vagy alig látható folytonossági hiányok (repedések, zárványok, pórusosság stb.) vannak, ezzel az eljárással kimutathatóak.

11. feladat

Sorolja fel a penetrációs vizsgálat lépéseit, majd írja le, milyen anyagoknál lehet alkalmazni!

- a felület előkészítése,
- a penetrálófolyadék felvitele,
- a felesleges folyadék eltávolítása (mosó–tisztító folyadékkal),
- előhívás, értékelés

Porózus anyagok kivételével minden anyag felületi hibáinak kimutatására alkalmas

12. feladat

Milyen alkalmazási területei vannak az örvényáramos vizsgálatnak?

–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

13. feladat

Milyen elven működik a röntgenvizsgálat? Soroljon példákat röntgenvizsgálatokra!

Az anyagon áthaladó sugárzás gyengül, a sugárzás elnyelődés a rendszámmal arányos. Egy anyagon áthaladó sugárzás intenzitását pl. a mögé helyezett filmmel lehet meghatározni. Ha az anyag hibátlan és egyenletes vastagságú, a film feketedése egyenletes lesz, ha hibát tartalmaz – a hiba anyagának rendszámától függően – a hiba helyén nő vagy csökken az intenzitás, tehát feketébb vagy fehérebb folt jelenik meg a filmen. Leginkább hegesztett kötések, öntvények és csapágys ellenőrzésére használatos.

14. feladat

Miben tér el a röntgen és az izotópos vizsgálat? Hol alkalmazzuk leginkább?

- 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.

Alkalmazása: Az izotópokat elsősorban csövek, tartályok, kazánok hidak vizsgálatánál használják

15. feladat

Mi az elve az ultrahangvizsgálatnak? A hiba milyen jellemzőjét lehet meghatározni ultrahangvizsgálattal?

A nagyfrekvenciájú hanghullámok (ultrahang) a fémekben alig gyengülve, mint irányított sugarak haladnak, azonban határfelülethez érve visszaverődnek. Határfelületnek minősül minden akusztikailag más keménységű közeg, pl. a darab belsejében lévő hibák és a darab hátlapja.

Hangátbocsájtás elvén működő módszer: egymással párhuzamos lapú, vagy forgásfelületű darabok nagysorozatban végzett automatizált vizsgálatánál használják.

Impulzus visszhang módszer: a hiba helyét, nagyságát, típusát lehet meghatározni, hátránya a felület közelében (kb. 20mm) a hiba nem mutatható ki.

16. feladat

Hol alkalmazzuk az akusztikus emissziós vizsgálatot?

- A terhelés alatt lévő szerkezetek vizsgálatával, 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 is, a szivárgás helyének megállapítására
- Ismételt igénybevételnek kitett nagyméretű szerkezetek pl. nyomástartó edények, reaktor tartályok folyamatos ellenőrzésére
- Olcsó, gyors, a vizsgálat üzem közben is végezhető

IRODALOMJEGYZÉK

FELHASZNÁLT IRODALOM

Frischherz – Skop: Fémtechnológia 1.–Budapest, 1993

Benki Lajos: Alapmérések II. (Anyagvizsgálatok)– Budapest, 2000

Fodor László – Csizmadia Ferencné: Anyagismeret és technológia IV.–1985, Budapest

Gál István – Kóródy László: Anyagismeret és technológia III.–1981, NME Tankönyvkiadó Budapest

AJÁNLOTT IRODALOM

Frischherz–Skop: Fémtechnológia 1.–Budapest, 1993 (71.–95.oldal)

Benki Lajos: Alapmérések II. (Anyagvizsgálatok)– Budapest, 2000

A(z) 0275-06 modul 005-ös szakmai tankönyvi tartalomeleme
felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
54 521 01 0000 00 00	Gépgyártástechnológiai technikus

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:
50 óra

MUNKANYAG

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