

## Akusztikus aktivitás akusztikus emisszió vizsgálatoknál Acoustic Activity at Acoustic Emission Tests

Kindlein Melinda, Fodor Olivér

**Kulcsszavak:** akusztikus aktivitás, akusztikus emisszió, roncsolásmentes anyagvizsgálat

**Keywords:** acoustic activity, acoustic emission, non-destructive testing

### Összefoglalás

Az akusztikus emissziós vizsgálat a roncsolásmentes vizsgálati módszerek közül az ipari gyakorlatban a legfiatalabbnak tekinthető. A jelek frekvenciája, intenzitása és energiája jellemzően meghatározza a vizsgált anyagot. A cikk megismerteti az akusztikus aktivitás fogalmával és két egyszerű teszttel bemutatja a mérhető értékeket. Összefoglalásra kerülnek a szénacél és a rozsdamentes acél teszteredményei.

### Abstract

Acoustic emission tests are one of the youngest methods among the non-destructive tests used generally in the industry. The frequency, intensity and energy of the signals are characteristics of the tested material. This article describes how to determine acoustic activity and presents two simple tests for its measurement. The results obtained by testing a carbon-steel and a stainless steel are also summarized.

### Bevezetés

Az akusztikus emissziós vizsgálat a roncsolásmentes vizsgálati módszerek közül az ipari gyakorlatban a legfiatalabbnak tekinthető. Ennek oka, hogy bár az elvek korábban lefektetésre kerültek, csak a számítástechnika megfelelő fejlődési szintje tette lehetővé ipari méretekben való elterjedését.

A gyakorlatban (nálunk is) elsősorban a nyomástartó edényeken alkalmazott akusztikus emissziós vizsgálatok terjedtek el.

### Az akusztikus aktivitás fogalma

A terhelésnövekedés (nyomáspróba, próbaterhelés) közben jelentkező akusztikus emissziós jelek gyakorisága, intenzitása, energiája különböző anyagoknál más és más lehet. Ezt röviden az anyag akusztikus emissziós aktivitásának szoktuk nevezni. Természetesen az aktivitást befolyásolja a szerkezet kialakítása, illetve a létrehozásánál alkalmazott gyártástechnológia is. Valamint az előző terhelések, köztük az utolsó nyomáspróba vagy próbaterhelés. Ezt is figyelembe véve a

szerkezet aktivitását szoktuk emlegetni.

Az aktivitásra meghatározott mérőszám lehet pl.:

- a teljes terhelésváltozás alatt kapott jelek száma: db
- ugyanez időegységre vonatkoztatva: db/s; db/min
- a terhelésváltozás egységére vonatkoztatva: db/bar; db/Mpa
- figyelembe véve a vizsgáló fejek számát: db/bar/érzékelő; db/Mpa/érzékelő
- mindezek mellet számolva az a jeleket adó anyagmennyiséggel:  
 $db/bar/érzékelő/m^3$ ;  
 $db/Mpa/érzékelő/m^3$

Ezen kívül alapnak tekinthető az amplitúdó összeg vagy átlag, valamint az energia, és bármely a vizsgálat során meghatározott egyéb jellemző. Így elég bonyolult jellemzők adódhatnak. Valós szerkezeten az egységnyi térfogat nehézkesen értelmezhető, már akkor is, ha csak azt vesszük figyelembe, hogy helyről-helyre változik a tényleges feszültség.

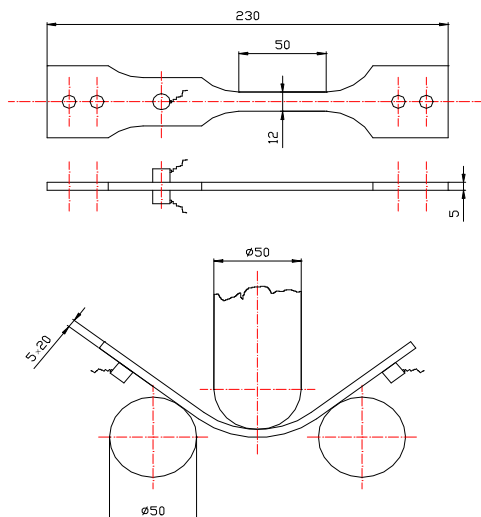
Az AE aktivitást valamilyen szinten szükséges a vizsgálatok megkezdése előtt ismerni, és erre a gyakorlatban az ilyen vizsgálatokat végző szakembereknek állnak tapasztalatok a rendelkezésükre, elsősorban az ötvözetlen és gyengén ötvözött alapanyagú szokásos kivitelezésű szerkezetekre. Ezek a tapasztalatok nem mindig számszerűsítettek.

### A vizsgálati módszer és a felhasznált minták

A következőkben szerkezeti anyagok aktivitásáról igyekeztünk valamilyen információt kapni és egyúttal találni olyan egyszerű vizsgálati módszert, amely jól használható a gyakorlatban. Ezek a vizsgálatok jelenleg hibamentes homogén anyagokra terjednek ki.

Ahhoz, hogy az aktivitásra valamilyen mérőszámot kapjunk, természetesen választanunk kell egy alkalmas próbatestet, amelyet ellenőrzött körülmények között valamilyen terhelésnek vettünk alá, illetve találunk rajta annyi helyet, hogy legalább két vizsgálófej elférjen rajta. Így esett a választás egyrészt a szakító-, másrészt a hajlító próbatestre. Nyilván a szakító próbatesten a feszültség-, és

alakváltozási folyamat jobban követhető. A mérésekhez az 1. ábrán látható próbatest kialakítást, illetve vizsgálati elrendezést választottuk.



**1. ábra** A próbatestek és a vizsgálati elrendezés  
**Figure 1** The test pieces and test arrangement

A szakító próbatest kialakításnál célszerű előnyben részesíteni a lapos próbatestet, egyszerűen azért, mert a vizsgálófej elhelyezése, így sokkal egyszerűbb. A próbatest megfogásánál az emelt hőmérsékletű vizsgálatoknál alkalmazott csapos megfogás került kiválasztásra az ékes befogó pófák várhatóan nagyobb súrlódási zajának kiváltása miatt.

Az egyszerűbben kimunkálható hajlító próbatest esetén a zajokat a súrlódó felületek közé elhelyezett valamilyen vélt akusztikusan szigetelőanyaggal próbáltuk megoldani.

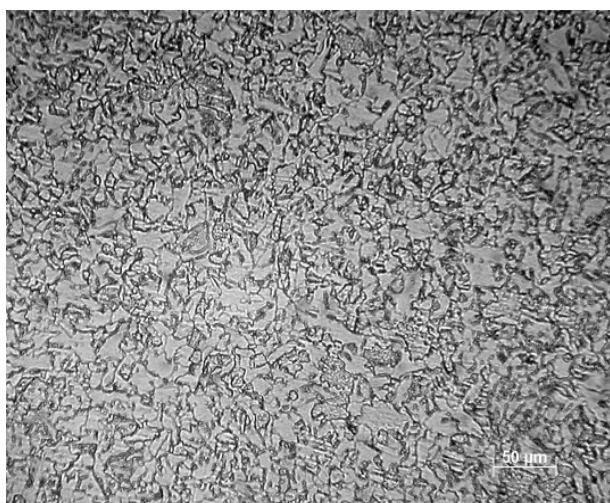
A vizsgálatok során egy ötvözetlen és egy ötvözött anyagminőséget választottunk, hasonló 5 mm-es anyagvastagsággal: S235JR MSZ EN 10025 szerint, illetve, W.Nr. 1.4571 MSZ EN 10088-1 szerint, amelyek vegyi összetételét az 1. táblázat tartalmazza.

A teljesség kedvéért a 2. és 3. ábrán közöljük a jellemző szövetszerkezetet.

**1. táblázat** A vizsgált anyagok kémiai összetétele

Minta jele	C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Al	Cu	Ti
	%										
S235JR	0.047	0.008	0.50	0.003	0.01	0.005	<0,003	0.022	0.045	0.096	-
W.Nr. 1.4547	0.016	0.042	1.29	0.034	0.007	17.02	2.00	11.2	0.016	0.345	0.404

**Table 1** Chemical composition of materials used



**2. ábra** Az S235JR minőségű acél szövetszerkezete  
**Figure 2** Microstructure of the S235JR quality steel



**3. ábra** A W.Nr. 1.4547 minőségű acél szövetszerkezete  
**Figure 3** Microstructure of material W.Nr. 1.4547

Az ötvözetlen szénacél próbatestek közül néhányat a vizsgálat kedvéért lágyító hőkezelésnek vetettünk

alá 910 °C-on mintegy 60 percen keresztül, majd kemencével lettek lehűtve.

Az erősen ötvözött ausztenites acélból készült próbatesteken, pedig egy másfél órás 960 °C-os izzítást végeztünk. A hőkezelést követő keménységmérés eredményét a 2. táblázat tartalmazza. Az alkalmazott hőkezelés a keménység értéket jelentősen csak az ötvözött acélnál változtatta meg.

**2. táblázat** A vizsgált anyagok keménysége hőkezelés előtt és után

Table 2 Harness of materials used before and after heat treatment

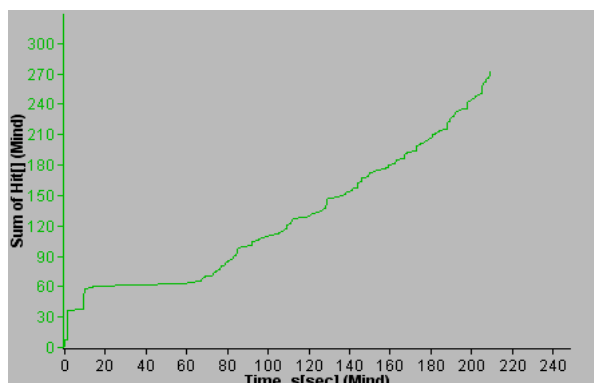
Anyagminőség	HV10	HV10
	Alap	Hőkezelt
S235JR	131	134
W.Nr. 1.4571	160	219

Az 1. ábra elrendezésének megfelelően mintegy 60 °-ig lettek a hajlító próbatestek terhelve.

**Vizsgálati eredmények**

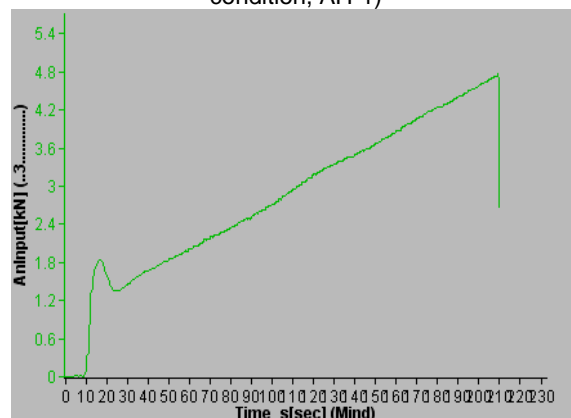
A 4/a, 4/b illetve az 5/a, 5/b ábrákon az ausztenites anyag eredeti és az előzőekben leírt módon hőkezelt darabok vizsgálati eredményei láthatók, az idő függvényében az összes eseményszám, illetve az idő függvényében a terhelés alakulása diagramokon.

Feltűnő, hogy a keménységmérés alapján jelentősen különböző tulajdonságú anyagok számottevő akusztikus jel mennyiség különbséget nem mutatnak.



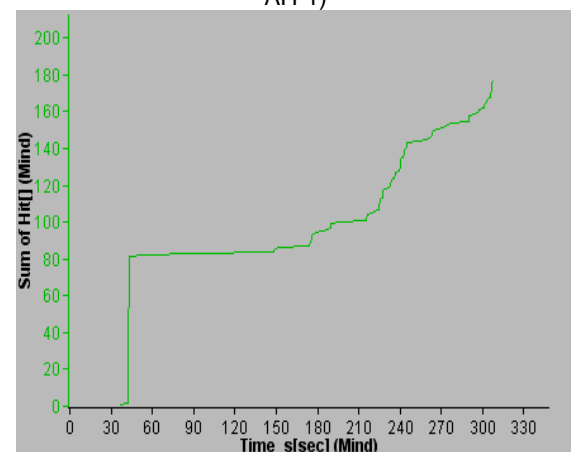
**4/a ábra** Az ausztenites anyag hajlítóvizsgálata során felvett összes eseményszám-idő diagram (eredeti állapot, AH-1)

**Figure 4/a** The Sum of Hit vs. Time diagram measured during the bending test of the austenitic steel (original condition, AH-1)



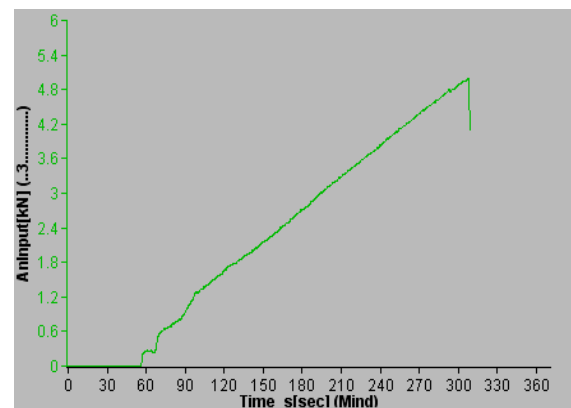
**4/b ábra** Az ausztenites anyag hajlítóvizsgálata során felvett terhelés-idő diagram (eredeti állapot, AH-1)

**Figure 4/b** The Load vs. Time diagram measured during the bending test of the austenitic steel (original condition, AH-1)



**5/a ábra** Az ausztenites anyag hajlítóvizsgálata során felvett összes eseményszám-idő diagram (hőkezelt állapot, AH-4)

**Figure 5/a** The Sum of Hit vs. Time diagram measured during the bending test of the austenitic steel (heat treated condition, AH-4)

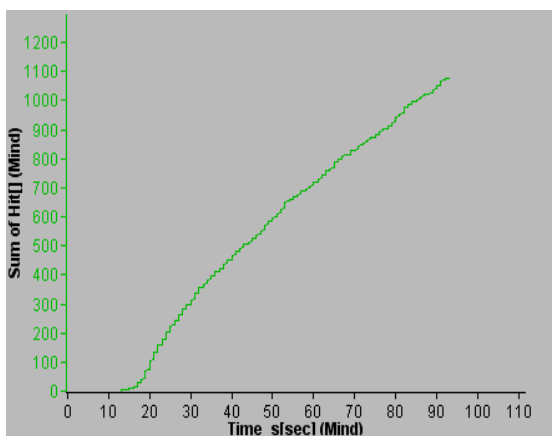


**5/b ábra** Az ausztenites anyag hajlítóvizsgálata során felvett terhelés-idő diagram (hőkezelt állapot, AH-4)

**Figure 5/b** The Load vs. Time diagram measured during the bending test of the austenitic steel (heat treated condition, AH-4)

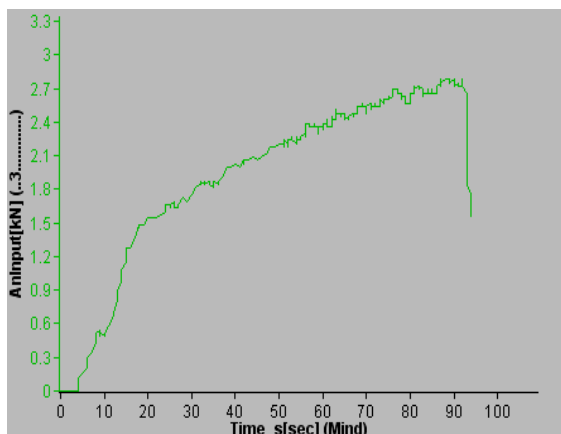
Az ötvözetlen alapanyagból kimunkált hasonló méretű hajlító próbatesten elvégzett vizsgálat eredményeit mutatják a 6/a és 6/b ábrák.

Hasonló terhelési viszonyok mellett, jelentősen több jel került rögzítésre. Ez megfelel egyébként a várakozásoknak, az ausztenites anyagok jelentősen kisebb aktivitást szoktak mutatni a vizsgálatok során. Egyúttal a tapasztalt tény alátámasztja a mérési módszer használhatóságát, mivel a szakítógépből, és próbatest megfogásából eredő zajok nem jelentősek.



**6/a ábra** Az ötvözetlen alapanyag hajlítóvizsgálata során felvett összes eseményszám-idő diagram (H-1)

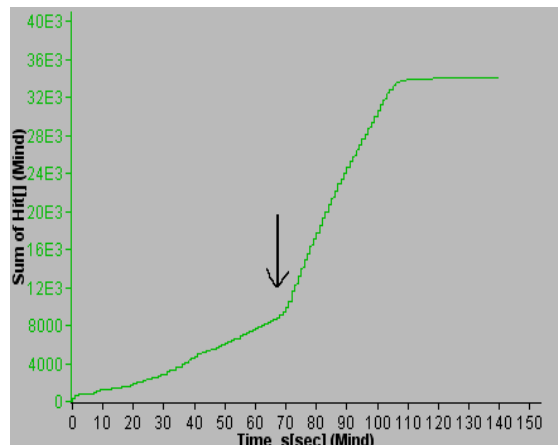
**Figure 6/a** The Sum of Hit vs. Time diagram measured during the bending test of the unalloyed steel (H-1)



**6/b ábra** Az ötvözetlen alapanyag hajlítóvizsgálata során felvett terhelés-idő diagram (H-1)

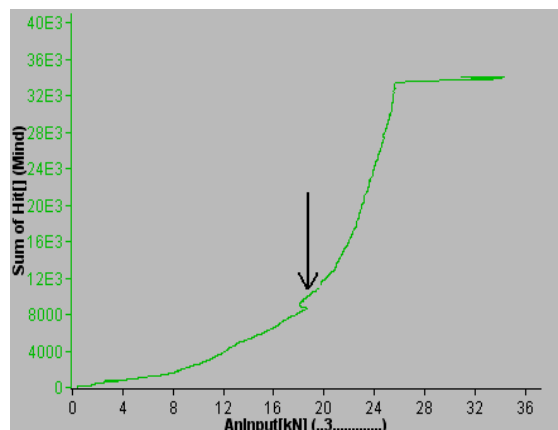
**Figure 6/b** The Load vs. Time diagram measured during the bending test of the unalloyed steel (H-1)

A 7/a, 7/b ábra (szállítási állapot) és a 8/a, 8/b ábra (lágított) az 1. ábrán szerinti szakító próbatesten mért összes eseményszám alakulását mutatja az idő, illetve a terhelés függvényében. Nyíllal jelöltük a folyás helyét.



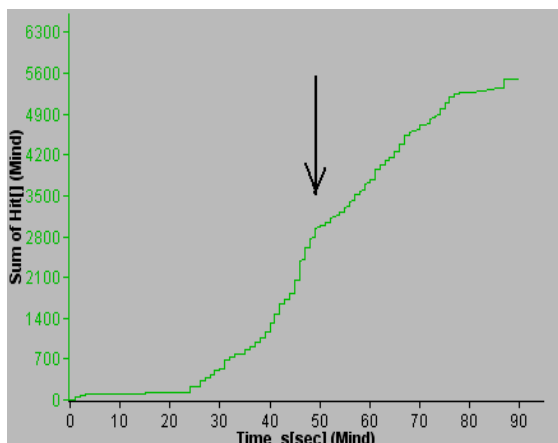
**7/a ábra** A szakítóvizsgálat során felvett összes eseményszám-idő diagram (szállítási állapot, MS-1)

**Figure 7/a** The Sum of Hit vs Time diagram measured during the tensile test (original condition, MS-1)



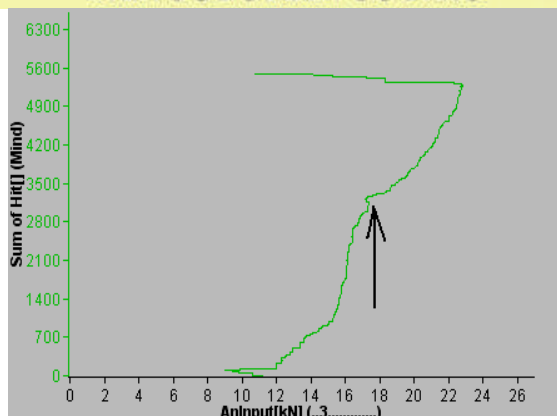
**7/b ábra** A szakítóvizsgálat során felvett összes eseményszám-terhelés diagram (szállítási állapot, MS-1)

**Figure 7/b** The Sum of Hit vs Load diagram measured during the tensile test (original condition, MS-1)



**8/a ábra** A szakítóvizsgálat során felvett összes eseményszám-idő diagram (hőkezelt állapot, MS-3)

**Figure 8/a** The Sum of Hit vs Time diagram measured during the tensile test (heat treated condition, MS-3)



**8/b ábra** A szakítóvizsgálat során felvett összes eseményszám-terhelés diagram (hőkezelt állapot, MS-3)  
**Figure 8/b** The Sum of Hit vs Load diagram measured during the tensile test (heat treated condition, MS-3)

Annak ellenére, hogy a két hőkezelési állapotban mért keménység értékek között elhanyagolható volt a különbség, az események mennyisége a lágyított darabokon jelentősen kevesebbnek mutatkozott.

A mérési eredményeket a 3. táblázatban számszerű formában foglaljuk össze.

### Összefoglalás

Az elvégzett vizsgálatok alapján megállapítható, az egyes anyagminőségek, illetve azok hőkezeltiségi állapota jelentősen befolyásolja az akusztikus aktivitást. Ezek a különbségek néhányszor rosszul vagy nehezen magyarázhatók, annak ellenére, hogy a vizsgálati körülményeket gondosan igyekeztünk azonosan tartani.

**3. táblázat** Mérési eredmények összefoglalása  
**Table 3** Summary of test results

Próbatest	Teljes szakasz	Rugalmas szakasz	Képlékeny szakasz
MS-1	205,59 db/s 1002,94 db/kN	125 db/s 459 db/kN	382 db/s 1680 db/kN
MS-3	62,77 db/s 240,17 db/kN	54,54 db/s 176,47 db/kN	76,48 db/s 420,66 db/kN
H1	1169 db/s 384,28 db/kN		
AH-1	0,158 db/s 13,33 db/kN		
AH-4	1,306 db/s 58,08 db/kN		

A viszonylag kevés felhasznált próbatest alapján is megállapíthatónak tűnik, hogy az akusztikus aktivitás, mint valami „anyagminőségre jellemző adat”, meghatározható. A kapott adatok felhasználhatók a valós szerkezetek vizsgálata közben kapott mérési eredmények kiértékelésénél, és amelyeket valószínűleg a mérések tervezése közben is figyelembe lehet venni.