

Akusztikus emisszió az állapotvizsgálatban

Szélig Károly*

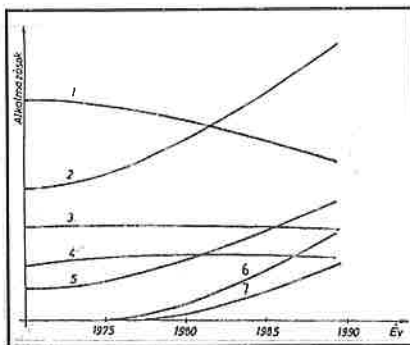
Előzmények

A gyártás automatizálása, a forgácsoló szer-
számok géprendszerek autonóm, emberi
felügyelet nélküli működtetése új feladatokat je-
lent a folyamatok automatikus diagnosztizálása
tekintetében. A teljesen automatizált rendsze-
rekben (FMS, CAM, CIM, IMS) a folyamatok
megszakadásának (ilyen a szerszámtörés) ér-
zékelése nem ad lehetőséget gazdaságos be-
avatkozásra. Így már a forgácsolószerszám fo-
lyamatos állapotfigyelése, kopásának nyomon-
követése, a kopott szerszám időbeni kicserélése
lép előtérbe.

A feladat megoldására többféle szenzorikai
lehetőség (erő-, nyomaték-, rezgésmérés) nyílik
[6, 7, 8]. Ezeket a hagyományosabb módszere-
ket is kipróbálva jutottunk arra az elhatározásra
a 80-as évek elején, hogy egy felfutóban levő
méréstechnikai módszert az akusztikus emis-
ziós (AE) hatás adta lehetőséget is bevonjuk
kutatási tevékenységünk körébe.

Az AE, mint fizikai jelenség évszázadok óta
ismert (szilárd test mechanikai igénybevétel ha-
tására, töréskor, vagy pl. az ónrúd hajlításakor
hangot bocsát ki). Ezt a jelenséget 1948-ban
Scholkey és munkatársai tudományos mód-
szerekkel tanulmányozták. Igazán jelentős
eredményt Joseph Kaiser (1950, Münchener
Műszaki Egyetem) ért el. Ő az anyagok igény-
bevételekor keletkező zörejeket olyan elektroni-
kus jelfeldolgozóval vizsgálta, mely a hallható
frekvenciatartományon kívül, az ultrahangokat
(UH) is érzékelte. Megfigyeléseinek egyike a
később *Kaiser-effektusnak* nevezett – az anyag
„emlékezik” az őt ért előzetes mechanikai igény-
bevételre – tézis volt.

A hetvenes évektől az AE egyre nép-
szerűbbé válik a roncsolásmentes anyagvizsgá-
latok terén [1] (1. ábra). Emellett többen, Japán-
ban és az USA-ban próbálkoznak az AE felhasználá-
sával szerszámgépek állapotvizsgálatára [4].



1. ábra. Az anyagvizsgálati módszerek alkalmazásának trendje

1. Radiográfia; 2. Ultrahangok; 3. Mágnesség
4. Penetráció; 5. Elektromágneses hullám;
6. Akusztikus emisszió 7. Vegyes módszerek

* Hungaroifo/BME

Kutató kollektívánk az AE-t forgácsoló szer-
számok állapotvizsgálatára, -felügyeletére
1982-ben kezdte el alkalmazni.

Kutatási stratégiák, módszerek, eszközök

Vizsgálataink alapvető célja a hagyományos
megmunkálások (esztergálás, marás, fúrás) fel-
ügyelete. Emellett kiterjesztettük a módszer al-
kalmazását nem hagyományos (köszörülés, ult-
rapezálás – UP esztergálás) megmunkálások
vizsgálatára is.

Célunk a progresszív (NC, CNC) szerszám-
gépek automatikus állapotfigyelése, diagnosztizá-
lása és részleges, illetve teljes felügyeletének
megoldása volt.

Normális forgácsolási folyamat esetén az
AE-jelek az alábbi okokra vezethetők vissza:

- a munkadarab nyíró igénybevétele és kép-
lékeny deformációja,
- a forgács leválása a munkadarabról,
- súrlódás a munkadarab-szerszám, és a
szerszám-forgácsoló-forgács között,
- a forgács repedése, törése,
- a forgács (elsősorban folyó forgács) külön-
féle ütődései, súrlódásai,
- a szerszámgép belső mechanizmusai által
keltett AE-aktivitás.

A két utóbbi hatás, természetesen, a folya-
mat figyelése szempontjából zajként értékel-
hető.

A folyamatos, normálisan zajló forgácsolás
folytonos AE-aktivitást eredményez. A folyama-
tossgágot megszakító események (pl. töredezett
forgács, a folyamat elfajulása stb.) kitöréses
emissziót eredményeznek. A szerszám kopása,
kitörése is változásokat idéz elő. Az AE-ak-
tivitás jelentős mértékében az UH-tartományban
esik. Ez magyarázza, hogy igen jól alkalmazható
az alacsony frekvenciás zajokban nagyon bővel-
kedő forgácsoló üzemekben is.

Kísérleteink első fázisában összehasonlító
vizsgálatokat végeztünk az erő- és a rezgémér-
éses metódusokkal. Eseményeket, töréseket
detektáltunk indukált törések esetén.

Méréseinkben először Bruel & Kjaer műsze-
reket, később a KFKI-ban kifejlesztett Defecto-
phone NEZ 220 műszert használtuk. Végül egy-
egy KFKI-ban és a MTA Aklabban kifejlesztett
speciális műszert, a leak detektort is teszteltük.

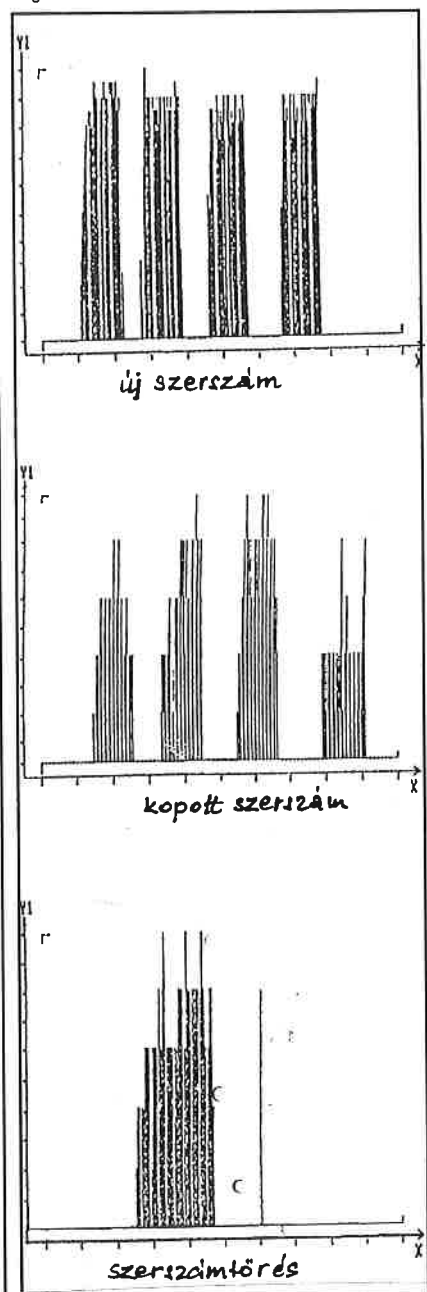
Egyedi esemény, törésdetektálás

A forgácsolási folyamat elfajulását, megsza-
kadást okozó eseményt, a szerszámtörést a
munkadarabba beültetett inhomogenitással (ke-
ményfém) esetleg feszített technológiával ér-
tük el [2, 3].

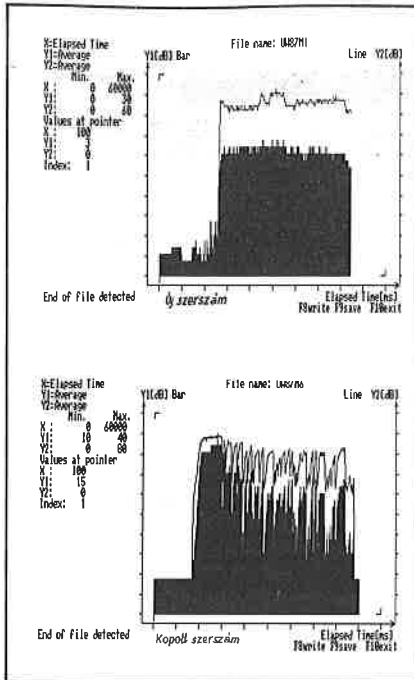
Törést mind esztergálási, mind marási folya-
matnál tudunk észlelni. Speciális esetként esz-
tergálásnál homlokbeszúrások folyamatát fi-
gyeltük (2. ábra). A beszúrásokhoz tartozó AE-jel

lefutások megbízható tükrét jelentették a folya-
mat normális, illetve elfajuló állapotának. Törés-
nél a jel leszakad, a kopás a jelek határozott
keretezettségét megszüntető, lüktető, fluktuáló
jelszintet eredményez.

Ez a hatás marásnál is, de különösen UP
esztergálásnál figyelhető meg (3. ábra) [5]. Kí-
sérleteink bizonyították, hogy a szerszámtörést
jó konfidencia szinten lehet AE segítségével ész-
lelni. Viszont automatizált gyártási környezetben
már kevés a szerszámtörés detektálása, annak
előrejelzése, a szerszámkopás figyelése szük-
séges.



2. ábra. Beszúró esztergálás AE-jeli

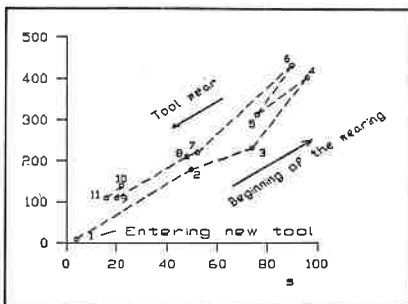


3. ábra. UP esztergálás AE-jelei

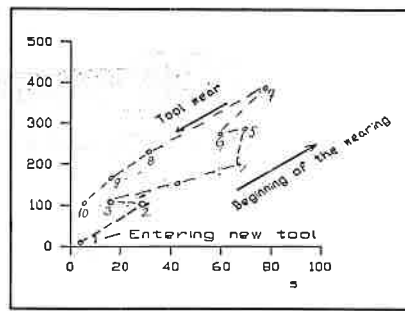
Az állapot folyamatos figyelése

A 80-as évek közepétől kutatásaink középpontjába a forgácsolószerszám elhasználódásának detektálása került. Ennek megoldására több lehetőség is adódik. Egyik a már említett kopást, kitöredezést jelentő jelváltozások; természetesen a jelszint növekedésén túlmenően. Másik Dornfeld és társai által javasolt vizsgálati módszer, az AE-jelek bétaeloszlásának figyelése [4]. Ennek megfelelően az AE-jelek a béta-eloszlás paraméter s-én egy patkó alakú görbe mentén helyezkednek el. Új szerszámnál az s-r paraméter sikon egy alacsony szintű s-r pár adódik. Forgácsolás közben ez az érték nő, majd egy maximum után visszahajlik. Később az alacsony értéktartományú párosnál adódik a szerszám kopás miatti elhasználódása (4. ábra). Ugyan ezt tapasztaltuk UP esztergálásnál is (5. ábra) [9].

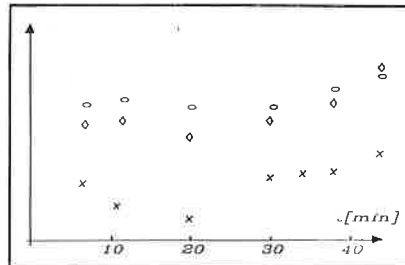
Kutatásaink végső szakaszában egy speciális megmunkálást, az UP esztergálást tanulmányoztuk. A nagy pontosságú, különösen finom felületi megmunkálást adó UP esztergálásnál a szerszám kopási kritériuma már nem a törés megelőzését, hanem speciálisan a megmunkált



4. ábra. Hosszesztergálási szerszámkopás AE-jeleinek bétaeloszlása



5. ábra. UP esztergálás AE-jeleinek bétaeloszlása

6. ábra. Összefüggés a szerszámkopás $\diamond$, a felületi minőség x, az AE-jelek o között UP esztergálásnál

felület minőségnek túlértékű tartását jelenti. Ezért vizsgáltuk az AE-jelek, a hátkopás (mint a kopottság alapvető jellemzője) és a munkadarab felületi minőségének összefüggését. Jól bizonyítottnak vehető az a feltételezésünk, hogy a három jellemző között a megfeleltetés igen szoros (6. ábra).

Folyamatfelügyeleti elképzelések

Az előzőekben vázolt végső célunk egy felügyeleti stratégia, algoritmus kidolgozása volt. Kísérleteink azt bizonyították, hogy hiába is jól korreláltak egyes fizikai események és AE-jel alakulások, egyik módszer sem alkalmas teljes biztonsággal az esemény detektálására. Ezért több vizsgálatot hajtottunk végre az AE-jelen egyidejűleg és ezekből a vizsgálatokból két kritérium egyszerre történő teljesülése esetén dönthetünk kielégítő biztonsággal pl. a kopás bekövetkezéséről.

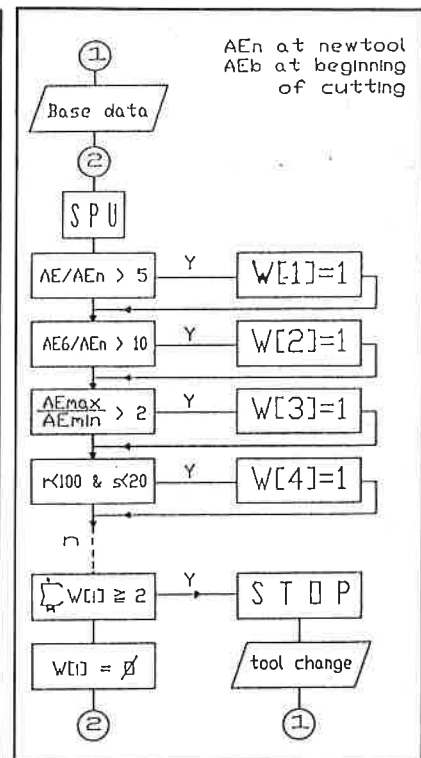
Javasolt algoritmusunk (7. ábra) az alábbi paramétereket tartalmazza:

- W [1] AE jelszint
- W [2] AE jelszint a szerszámbelépésnél
- W [3] AE jelváltozás
- W [4] béta eloszlás hatása
- W [n] további még felderítésre váró hatások

Röviden összefoglalva az indexben szereplő számok szerint:

- 1 - a kopással a jelszint nő;
- 2 - a kopásnál a bekezdési kipattogzás miatt jelugrást tapasztalunk;
- 3 - a kopásnál a jelváltozás jelentősen nő;
- 4 - bétaeloszlás paraméter pár egy maximális érték után minimumra tér vissza.

További feladataink az n-el jelölt index szintén vannak. Még mindig nem vizsgáltuk kielégítően, hogy a kopás az AE-aktivitás milyen frekvencia elhangolódását okozza (pl. Fourier együtthatók és harmonikus frekvenciák változá-



7. ábra. Felügyeleti algoritmus AE mérésével

sa). A jelvezetés, zajkiszűrés megoldásainak sokféle lehetősége még kipróbálatlan.

Mindez azért is feszítően sürgős, mert már a 90-es évek elején megjelentek a piacon AE elven működő forgácsolószerszámgép-felügyeleti rendszerek.

952 090 178

Irodalom

- [1] Rindorf, H.: What happened to acoustic emission analysis? Brüel and Kjaer, Denmark, 1978. pp. 1-24.
- [2] Szélig, K.-Berkes, O.: Automatizált gyártásfelügyelet akusztikus emisszió mérésével VI. Gépipari Mérőtechnikai Tanácskozás, Győr 1986. okt. 20-21. pp. 202-211.
- [3] Berkes, O.-Geréb, J.-Hermann, Gy.-Szélig, K.: Die Anwendung der Schallemission zur Überwachung der Spanwerkzeuge, Messen-Prüfen-Automatisieren, July/August 1989. pp. 322-329., Sept. pp. 438-440.
- [4] Kannatey-Asibu, E.-Dornfeld, D.: A study of tool wear using statistical analysis of metal cutting acoustic emission, Wear, 26/1982., p. 247-261.
- [5] J. J. Liu: Acoustic Emission feedback for Diamond Turning, Research Report 98/90. The University of California Berkeley p. 39-42.
- [6] Alpek, F.-Szélig, K.-Berkes, O.-Nagy, Z.: Some Elements of the Automatic Supervision in a CIM Pilot-System AC'90 CIRP-SIMP, Rydzyna 1990. Poster Papers Abstracts B1
- [7] Szélig, K.-Alpek, F.-Berkes, O.-Nagy, Z.: The automatic inspection in a CIM System. The first CIRP Workshop of the Intelligent Manufacturing Systems Seminars on Learning in IMS. Budapest, Hungary 6-8 March 1991. pp. 282-295.
- [8] Szélig, K.-Alpek, F.-Berkes, O.-Nagy, Z.: Automatic inspection in a CIM system. Computers in Industry 27 (1991) pp. 259-167. Elsevier Science Publishers B. V.
- [9] Szélig, K.: AE - a new possibility for monitoring of UP turning, 6th European Conference on Non Destructive Testing Nice, France 25-28. Oct. 1994. pp. 491-494.