

A Resil Impactor ingás ütőmű család

Tóth Péter*

Az ütőmű család jellemzői

A műanyagok vizsgálóberendezéseire szakosodott olasz CEAST cég az új ingás ütőmű család kifejlesztéséhez felhasználta a korszerű elektronika és számítástechnika nyújtotta lehetőségeket, hogy mindenben kielégítse a dinamikus mechanikai anyagjellemzők meghatározása iránti igényeket.

A gépcsalád a kalapács és a befogó-támasztó szerkezet cseréjével átfogja az 1–50 J energiatarományt, illetve mindegyike alkalmas a nemzetközi (ISO, EN) és a nemzeti (ASTM, BS, MSZ s egyéb) nemzeti szabványok szerinti Izod- és Charpy-féle ütve hajlító, valamint a dinamikus szakítóvizsgálat egyszerű és műszerezett elvégzésére.

Az ergonómiailag is jól tervezett ütőmű (lásd a címloldali fotót) mikroprocesszorral vezérelt elektronikája – négynyelvű menükezeléssel – alkalmas a kalibráció ellenőrzésére, az ütőmunka automatikus kiszámítására és SI vagy BS mértékegységben való megjelenítésére, a súrlódási energiavesztés kalkulálására. A kalapács elfordulási szögét 1/1000 osztású digitális encoder méri, és az elektronika kijelzi a kalapács függőleges (0°) helyzetét, illetve az indítási szög értékét, az energiát, a sebességet, és az előzetesen bevitt adatokat: a minta méreteit, a bemetszés típusát, a minta jelét, a kezelő azonosítóját. Az ütőmű mikroprocesszora a mérési adatokból kiszámítja a mérési sorozatok statisztikáját is, és az adatokat tárolja. Az ütőműhöz csatlakoztatható nyomtatóval a memóriában tárolt adatok: a már felsorolt paraméterek és adatok, a mérési sorozatok ütőmunka eredményei és statisztikai jegyzőkönyv formátumban közvetlenül, számítógép nélkül is kinyomtathatók.

Számítógépes adatfeldolgozás céljából az ütőmű memóriájában tárolt adatok RS 232 interfésszel elvethető PC-re, és a WINPEN adatgyűjtő és kiértékelő szoftverrel elvégezhető a részletes statisztikai kiértékelés, a grafikus ábrázolás és a jegyzőkönyv szerkesztése. A program tartalmazza a legfontosabb nemzetközi és nemzeti szabványokat (ISO, DIN, ASTM, BS stb.), de a felhasználónak további konfigurációs file-ok generálására is lehetőség van. Ezen file-ok betöltésével az alapbeállítások egyetlen másodperc alatt megtörténnek.

Az ütőművekhez választható tartozékok között megtalálható:

– A pneumatikus fék és visszaemelő mechanizmus, amely az ütést követően lefékezi a túllendülő kalapácsot és visszaemeli a kezdeti szögállásba.

– A mintakidobó eszköz, amely megóvjaa a visszalendülő kalapácsot a károsodástól, melyet egy esetleges el nem tört minta okozhat.

– Az ejtési szög állítására szolgáló tartozék, amellyel a 150°-tól eltérő tetszőleges szöghelyzetből (0–150° tartományban max. 0,5° eltéréssel) is indítható vizsgálat.

– Csatlakoztatható a Cryobox hűtőkamra (lásd a BII. oldalon), amely több minta temperálására alkalmas –50 és +20 °C tartományban, és a folyékony nitrogén nemcsak a próbatesteket, hanem a nagyobb tömegű mintatámaszt is hűti megakadályozva a kis tömegű próbatest gyors felmelegedését, azaz a vizsgálati hőmérséklet pontos betartását segíti.

– A Cryomatic rendszer (lásd a BII. oldalon), amely nagy sorozatú ütővizsgálat elvégzésére alkalmas –70 és +100 °C hőmérséklet-tartományban. A hőkamrában egyszerűen nagyobb mennyiségű próbatest (mintatartónként kb. 50 db, mérettől függően) temperálható és a kézi manipulátorral vizsgálati helyzetbe hozható úgy, hogy az ütés is az előírt 5 másodpercen belül elvégezhető. A kamra hűtőközege folyékony nitrogén, és villamos fűtőszálakkal melegíthető. Az egyenletes hőeloszlást ventilátor biztosítja.

A Resilvis ütőmű (lásd a BII. oldalon) a nagy sorozatú ütővizsgálatok automatizált végrehajtására alkalmas önálló rendszer. A próbatestet

a termokamrából (–70 – +100 °C) manipulátor teszi vizsgálati helyzetbe úgy, hogy az elütés 3 másodpercen belül bekövetkezik. Óránként 120 vizsgálat végezhető. A mért és számított adatokat a számítógép gyűjti és tárolja.

A műszerezett vizsgálat jellemzői

A gépcsalád valamennyi ütőműjére műszerezett ütőállal ellátott kalapács szerelhető fel. Ezzel – az erőtartománytól függően – piezoelektromos vagy nyúlásmérő-bélyeges elven mérhetjük az ütéltre ható erő pillanatnyi értékét az idő vagy az elmozdulás függvényében. Ehhez fejlett dinamikus adatgyűjtés szükséges.

A rendszer lelke a DAS 4000 Win (Data Acquisition System) mikroprocesszoros adatgyűjtő egység a hozzá kapcsolt szenzorokkal, számítógéppel és kiértékelő szoftverekkel. A szoftver alkalmas az erő, az energia, a sebesség és az alakváltozás idő vagy alakváltozás függvényében végbemenő változásának az ábrázolására.

A DAS 4000 Win rendszer valamennyi CEAST ingás és ejtő súlyos műszerezett ütőművel kompatibilis.

A DAS 4000 Win nagysebességű mikroprocesszoros jelfeldolgozó egység jellemzői:

- 32 bites mikroprocesszoros elektronika;
- nagysebességű A/D konverter 12 bites felbontással;
- a mintavételezés frekvenciája 1 MHz-ig növelhető;
- 300 kHz sávzélesség;
- vizsgálatonként max. 4000 mérési pont rögzítése;
- adatgyűjtési idő: 0,1 – 2000 ms;
- három programindító (triggering) módszer (külső, belső és fotocellás);
- külső sebességmérő egység;
- interfész a külső, a kalapácsra vagy a satura szerelt piezoelektromos és nyúlásmérő-bélyeges szenzorhoz;
- kétcsatornás jelfeldolgozó a külső félvezető nyúlásmérő-bélyeges erőmérő cellához és a piezoszenzorhoz;
- Automatikus szenzorjel nullázás;
- PC-kapcsolat a nagysebességű adatátvitelhez.

A DAS 4000 Win szoftverjei:

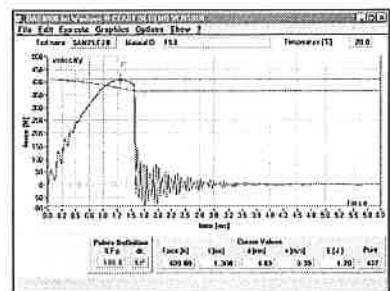
Az adatok feldolgozását és kiértékelését egy teljes szoftver család segíti.

A D4EXTWIN főmodul alprogramjai:

- D4WFILT – a görbék szűréséhez,
- D4WTTA – az átmeneti hőmérséklet kiértékeléséhez (TTKV-Transition Temperature),
- DAS4CLW – a statikus kalibrációhoz,
- DAS4DYN – a dinamikus kalibrációhoz,
- WLEFMHR – a lineárisan rugalmas törésmechanika dinamikus jellemzőinek a meghatározásához (Linear Elastic Fracture Mechanics – high rates).

A D4EXTWIN alapszoftver funkciói:

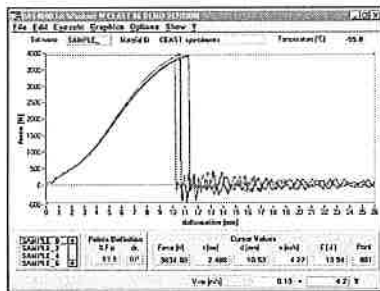
- A szoftver végrehajtja és kiértékeli a szabványok vagy az egyedi beállítások által definiált paraméterekkel a dinamikus vizsgálatokat.
- Egyedi mérések vagy mérési sorozatok végrehajtása és kiértékelése (max. 36 próbatestig).
- Az ütőfej kalibrációs file automatikus betöltése.



1. ábra

* Testor Kft.

- A sebesség mérése a fotodetektor segítségével.
- A mért adatok azonnali (grafikus és numerikus) megjelenítése az ütest követően (1. ábra).
- $F(x)-v(x)-E(x)$ ill. $F(t)-v(t)-E(t)$ függvények ábrázolása bármilyen párosításban.
- A különböző mérésekhez tartozó, az előbbiektől szerinti függvények egyidejű, egymásra vetített megjelenítése és összehasonlítása, 2. ábra (max. 36 próbatétel vizsgálható egyidejűleg).
- A diagramok tetszőleges részének kinagyítása.
- Hat, a kurzor segítségével tetszőlegesen kiválasztott ponthoz tartozó valamennyi paraméter (erő, idő, deformáció, energia stb.) meghatározása.



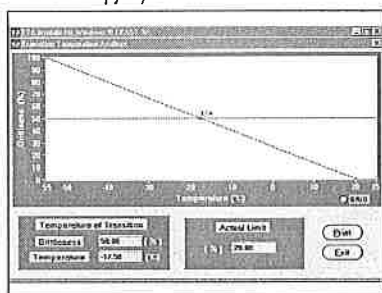
2. ábra

- Az egyes paraméterek statisztikai kiértékelése (minimális, maximális érték, átlag stb.) a görbe csúcspontján, a kurzorral kijelölt pontokban a teljes görbe mentén.
- Az elnyelt energia kiértékelése (rideg /szívós törés aránya).
- A numerikus adatok leolvasása a kurzor mentén (erő, idő, sebesség, deformáció, energia, a kiválasztott pont sorszáma).
- A görbe kiválasztott szakaszán a meredekség (a görbére illesztett polinom segítségével) a merevség és a folyási erő meghatározása.
- Az adatok exportálása EXCEL, ASCII vagy LIMS formátumban.
- A visszapattnás vizualizációja.
- A jegyzőkönyv nyomtatása.
- A teszt-beállítások elmentése és visszatöltése.
- A határértékek beállítása (megy /nem megy vizsgálat)
- Az következő értékek automatikus meghatározása:
 - a maximális erő,
 - idő a maximális erőnél,
 - deformáció a maximális erőnél,
 - energia a maximális erőnél,
 - sebesség a maximális erőnél,
 - a teljes alakváltozás,
 - a teljes energia,

és mérési sorozatonként a statisztikai átlagértékük összevetése a megadott határértékekkel.

A D4WTTA alprogram – az átmeneti hőmérséklet analízise:

- A ridegedési index meghatározása hőmérsékletenként (max. 36 próbatétel alapján).



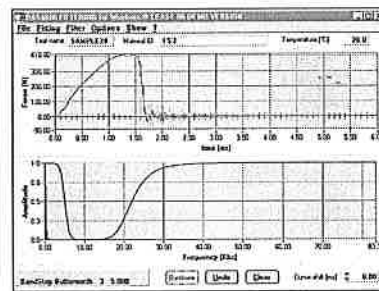
3. ábra

- Maximum 200 mérési pont betöltése.
- Az 50%-ban rideg-szívós töréshez tartozó hőmérséklet automatikus meghatározása (3. ábra).
- TTA görbe vizuális és numerikus megjelenítése, a kurzor által megjelölt pont numerikus megadása.

A D4WFILT alprogram – a görbe szűrése:

Az alprogram az oszcillációk és egyéb zavaró effektusok analízisére és kiszűrésre szolgál.

A görbe frekvencia spektrumának kiértékelése és digitális szűrése Fourier-transzformáció segítségével. Négy szűrési mód algoritmus választható (Butterworth, Chebyshev, inverz Chebyshev, elliptikus) négy változatban (lowpass, highpass, bandpass, bandstop) a görbére



4. ábra

grafikus kijelzésére, a diagramok tengelyeinek logaritmusos és lineáris skálázására. A program a szűrés teljes történetét tárolja és visszajátszhatóvá teszi.

A DAS4CLW alprogram – statikus kalibráció:

Lehetővé teszi a felhasználó számára az ütőfej statikus kalibrációs file-jának felállítását, mentését és visszatöltését; az alapbeállítások megadását és mentését (pl. erőmérő rendszer típusa: nyúlásmérő-bélyeges vagy piezoelektromos). Megjeleníti a kalibrációs görbét grafikusán és kijelzi az ütőfej kimeneti feszültségét.

A DAS4DYN alprogram – dinamikus kalibráció:

Az alprogram a statikus kalibrációnál részletesebb funkciók végrehajtására alkalmas, de a dinamikus kalibrációs eljárással. A statikus kalibrálás nem elégséges, mert a mérési hiba a 10%-ot is elérheti.

Az ingás ütőmű számítógéppel összekapcsolt erőmérő rendszernek – a D4DYN szoftverrel támogatott – dinamikus kalibrálása azon alapul, hogy az inga ütest követő szöghelyzetéből leolvasott, a próbatétel törésére fordított energia egyenlő kell legyen az erőmérőn regisztrált vilamos jel-idő (erő-idő) diagramból integrálással kiszámítható energiával. Ebből – az inga csapágyazásából és légellenállásából adódó veszteséget is figyelembe véve – számítható a kalibrációs tényező, amelynek statisztikailag megbízható értékét egy szokásos módon végrehajtott vizsgálatosorozatból a mért és a számított energiakülönbségek abszolút értékei összegének a minimalizálásával határozzák meg.

A Ceast szakemberei által kidolgozott egyszerű és kielégítően pontos dinamikus kalibrációs módszerrel az erőmérés hibája 0,3–0,5%-ra csökkent. (Közbevetve megemlítenénk, hogy az inga emelt energiaveszteségének megengedett mértékét a vonatkozó ISO 179, ISO 180, ASTM D 256 szabványok előírják. Például az 1 J energiájú kalapácsra ez a veszteség legfeljebb 0,02 J lehet, a Ceast kalapácsra ez 0,012 J; az 50 J energiájú kalapácsra ezen értékek 0,25 J, ill. 0,20 J, köszönhetően a jó konstrukciónak és a precíz kivitelnek.)

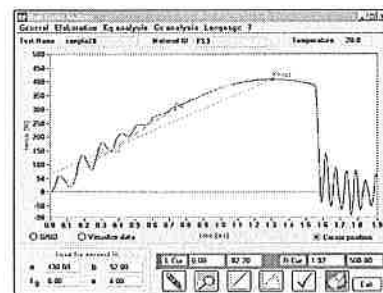
A WLEFMHR alprogram – a lineárisan rugalmas törésmechanikai jellemzőkhöz:

Az előrepszett próbatétel nagy sebességű terhelése közben az erő és energia detektálása a törés kezdetekor, és olyan dinamikus törési jellemzők meghatározása mint a kritikus feszültségintenzitási tényező (törési szívósság) K_{1C} és a kritikus törési energia G_{1C} .

A program alkalmas továbbá:

- K_Q paraméter meghatározása (feszültségintenzitási tényező), 5. ábra.
- U és BW_F paraméterek meghatározása minden egyes görbéhez
- A végleges görbe feldolgozása, a G_c meghatározása
- Az analízis kinyomtatása

Az elmúlt évek kutatásai és műszerfejlesztései azt mutatják, hogy a műszerezett dinamikus vizsgálatokból lényegesen több információ nyerhető az adott anyagról illetve szerkezetéről, mint a hagyományos Charpy-vizsgálatból. Ezért a műszerezett ütővizsgálat egyre nagyobb térhódítása prognosztizálható, ahogy a vonatkozó szabványok közül néhányat már módosítottak a közelmúltban.



5. ábra