

23. ábra. Négy piezoerőmérő cella közös házba beépítve, nehéz szerszámgépre ható dinamikus erőhatások vizsgálatára

zik, hogy igen kis méretű, igen merev erőmérő cellák készíthetők ilyen úton. Gyakori kiviteli forma a csavarkötés alá alátétként behelyezhető mérőcella, aminek a vázlatát a 21. ábra mutatja. Ha az x és y tengelyekre merőlegesen a lemezeket közös házban helyezik el, készíthető olyan cella, amelyik az N normális erőt és a két irányú tangenciális erőkomponenst (T_1 ill. T_2) egyidejűleg külön-külön érzékeli (22. ábra). Nagy erők mérésére szokásos több egyforma mérőcellát közös házba beépíteni (23. ábra).

A piezoerőmérők legfőbb hátránya, hogy mért jelként elektromos töltés keletkezik, amelyik a bármilyen gondos szigetelés ellenére lassan kiegyenlítődik. Az ilyen cella sztatikus terhek mérésére nem alkalmas, jól használható viszont nagy dinamikus erők mérésére, mint például gépjárművek futóműveiben fellépő erőhatások, vagy technológiai folyamatok erőhatásainak mérésére.

A Q töltés az érzékelő lemez két oldalának felszíne között $U = Q/C$ feszültséget hoz létre. Mivel a C kapacitása a mérőelem és az érzékelő műszer közötti kábel kapacitása is beleszámít, közvetlenül feszültséget mérő műszer alkalmazása nem célszerű, a nyúlásmérő ellenállásokhoz használatos erősítők itt nem alkalmazhatók. Helyette úgynevezett töltéserősítőt alkalmaznak, ami c_r kapacitással átkötött, igen nagy negatív erősítési tényezővel rendelkező integráló erősítő. Ennek kimenetén fellépő feszültség: $U_{ki} = Q/c_r$, már alig érzékeli a mérőcella és a

mérővezeték kapacitását. A mérési pontosság tehát a töltéserősítő nullpontvándorlásától függ, ami korszerű kivitelek esetén $\pm 0,03$ pC/s alatt van. Mivel nagyobb mért erő az érzékelőn nagyobb töltést kelt, a mért érték fajlagos változása a terhelés időtartamával annál kisebb, minél nagyobb a mért erő. A piezoelektromos erőmérő tehát főleg nagy, gyorsan változó erők mérésére alkalmas. Így például az ezen a területen vezető Kistler cég katalógusában a 21. ábrának megfelelő alakú mérőcella-sorozat méréshatára 7,5 kN-tól 1000 kN-ig terjed. A piezoerőmérés alkalmazási köre tehát sokkal korlátozottabb, mint a nyúlásmérő ellenálláson alapuló erőmérésé, de különleges tulajdonságai megfelelő alkalmazási területeken igen jól hasznosíthatók.

Szakirodalom

- [1] Thamm, F.-Ludvig, Gy.-Huszár, I. - Szántó, I.: A szilárdságtan kísérleti módszerei. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1968.
- [2] Hoffman, K.: Eine Einführung in die Technik des Messens mit Dehnungsmeßstreifen. A Hottinger-Baldwin - Messtechnik GmbH kiadványa, 1987.
- [3] Thamm, F.: Photoelastic Investigation of the Measuring Element of a Strain-Gage Operated Torque Transducer. Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift (ÖIAZ) 7/A különszám, 1994.
- [4] Hansen, J. - Talvia, J. - Wielispütt, R. - Heinemann, U.: Zur Beanspruchung von Segelyachten in Seegang. HBM Messtechnische Briefe, 27/1991 29-34.o.
- [5] Büttner, A. - Sydow, W.: Practische Auslegung eines Schnitkraftmessers für schleißtechnische Untersuchungen. HBM Messtechnische Briefe, 8/1973. 1. szám, 11-15.o.
- [6] Siebert, K. - Ludvig, Gy.: Entwicklung eines Messsystemes zur Erfassung des Kraftvektors und der Lage seines Angriffspunktes bei Blechumformwerkzeugen. HBM Messtechnische Briefe, 29/1993. 1. szám. 11-14.o.
- [7] Grünbaum, P. - Bruns, B.: Triaxiale Messung der schneidkräfte an den Zähnen eines Schaufelrandbaggers. HBM Messtechnische Briefe, 25/1989. 2. szám. 37-42.o.
- [8] Schulze, D. - Lyle, Ch.: The development of a Five-component Stress Measuring Cell for Stress Measurements in Silos. Report in Applied Measurement. 4/1988/ 2. szám. 34-38. oldal.
- [9] Rohrbach, Chr.: Handbuch für experimentelle Spannungsanalyse. VDI-Verlag Düsseldorf. 1989.

Műanyagok dinamikus vizsgálóberendezései

Tóth Péter*

Bevezetés

A műanyagok vizsgálóberendezései cikksorozatunk** befejező részében a dinamikus mechanikai vizsgálatok elvégzésére szolgáló ingás és ejtő súlyos ütőműveket ismertetjük a Ceast cég gyártmánykínálata alapján.

Dinamikus anyagjellemzők

A műanyagok – különösen a szerkezeti műanyagok – felhasználása szempontjából fontos a dinamikus mechanikai anyagjellemzők ismerete. Meghatározásuk szabványokban is rögzített elvei közismertek. A műszerezett ingás ütőművel a bemetszett hasáb alakú próbatesten nemcsak a hagyományos Izod- és Charpy-féle ütőmunkát (J) vagy annak fajlagos értékét (J/mm^2) határozhatjuk meg – igény szerint a hőmérséklet függvényében is –, hanem a számítógéppel összekapcsolt mérőrendszer segítségével felvett, a törés folyamatára jellemző erő-idej vagy erő-út diagramból kiszámíthatjuk a dinamikus törésmechanikai jellemzőket is, pl.: a feszültségintenzitási tényező kritikus értékét.

A műszerezett ingás ütőművel dinamikus szakítóvizsgálatot is

végezhetünk sima hengeres vagy bemetszett próbatesteken meghatározva a folyáshatárt, a szakítószilárdságot, a kontrakciót és a belőlük számítható fajlagos törési munkát (J/mm^3), valamint egyéb törésmechanikai jellemzők értékeit.

Az ejtő súlyos ütőműveket elsősorban műanyag alkatrészek és szerkezeti elemek ütésállóságának tanulmányozására, illetve egyes változatait a vékony lemezek és fóliák átszakíthatóságának a vizsgálatára fejlesztették ki.

A vizsgálat előfeltételei

Az említett dinamikus anyagjellemzők kellően pontos meghatározása érdekében gondoskodnunk kell a következő előfeltételek teljesüléséről:

A géphatások elkerülése

Telepítéskor az ütőművet vízszintbe kell állítani! Az ütőmű állványának esetleges megbillenésének, illetve a mérést zavaró rezonanciájának az elkerülése végett az állvány és a kalapács tömegarányát szabvány írja elő és értéke legalább 40 kell legyen. Erről a gyártók gondoskodnak, ám néhány extrém esetben szükséges az ütőművet a laboratórium padlózatához rögzíteni, vagy vaslemezeket erősíteni az aljára alapzat gyanánt.

* Testor Bt.

** Anyagvizsgálók Lapja 1998/4. p. 123. és 1999/1. p. 17.

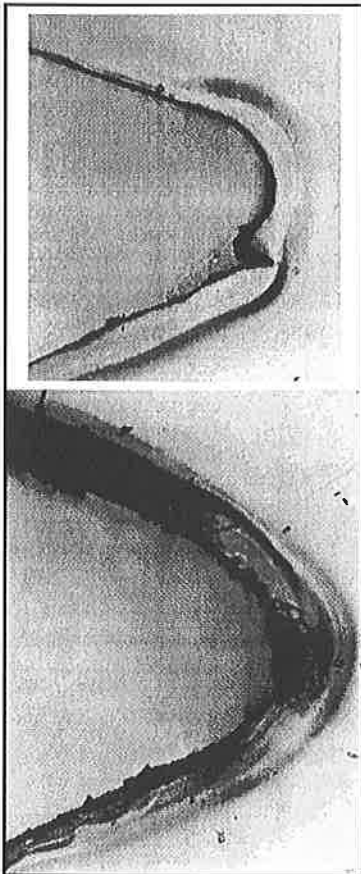
A kalapács ütőenergiáját akkor választottuk meg helyesen, ha a mérni kívánt ütőmunka (J) a kalapács névleges energiájának 10-80%-a közé esik. Ha ez nem így van, akkor eggyel kisebb illetve nagyobb fokozatú ütőenergiájú kalapácsot kell választani.



1. ábra

mivel ez az elégséges és állandó értékű befogó erőt biztosítja, szavatolva a vizsgálat reprodukálhatóságát.

Gondos minta-előkészítés



2. ábra

Az ütővizsgálati próbatetek és bemetszései alakját, méreteit és tűréseit szabványok írják elő (ISO 179, ISO 180, ASTM D 256 stb.). Különösen a V és U alakú bemetszés mélysége és alakja (a bemetszés szöge, tövének lekerekítési sugara), a maradó keresztmetszet befolyásolja a mérési eredményt. Ha a mintákat forgácsolással készítik, lényeges a szerszámélezés, a fogásmélység, az előtolás és a forgácsolási sebesség helyes megválasztása és összhangja. Különösen a bemetszés készítésénél, mivel a túl nagy sebesség vagy az életlen szerszám hatására a bemetszés felülete szakadozott vagy megolvadt felületű lesz (2. ábra), azaz a ténylegesnél kisebb ütőmunkát fogunk mérni. A Ceast kisgépeivel a helyes minta-előkészítési technológia garantált (Anyagvizsgálók Lapja 1998/4. p. 123.).

A fröccsöntött próbatetek közül a közel azonos

feszültségállapotúakkal végezzük el a vizsgálatot. A fröccsöntő szerszám szélső fészkeiben készült mintákat célszerű kizárni a méréssorozatból, mivel ezekben a maradó feszültségek nagyobbak, mint a közbensőkben.

Az ütőmű dinamikus kalibrálása

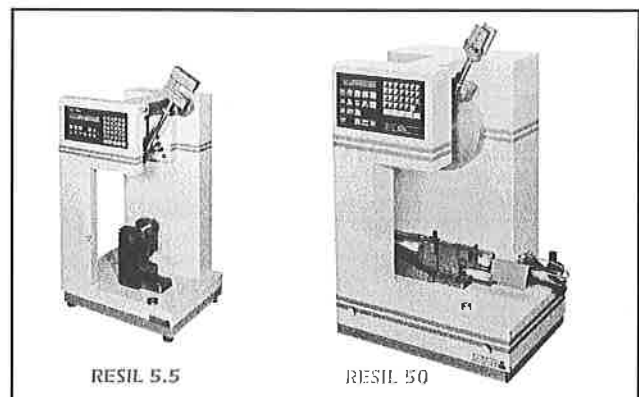
A Ceast ütőművek műszerezett ütőfejjel vagy ütőlével vannak ellátva. Piezoelektromos vagy nyúlásmérő bélyeges elven mérik az ütőélre ható erő pillanatnyi értékét az idő vagy az elmozdulás függvényében. Ha az erőmérés pontatlan, akkor a belőle számított anyagjellemzők is pontatlanok lesznek.

A statikus kalibrálás nem elégséges, mert a mérési hiba a 10%-ot is elérheti. Ezért dinamikus kalibrálást kell alkalmazni. A Ceast szakemberei egy egyszerű és kielégítően pontos dinamikus módszer dolgoztak ki mind az ingás, mind az ejtősúlyos ütőművek kalibrálására. A módszer még az inga csapágyazásának súrlódásából és az ütőfej légellenállásából származó energiaveszteséget is figyelembe veszi. Így az erőmérés hibája 0,3-0,5%-ra csökkent. (Közbevetve megemlítjük, hogy az inga említett energiaveszteségének megengedett mértékét a vonatkozó ISO 179, ISO 180, ASTM D 256 sz. 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.)

Az ingás ütőmű számítógéppel összekapcsolt erőmérő rendszernek – a D4DYN szoftverrel támogatott – dinamikus kalibrálása azon alapul, hogy az inga ütést követő szöghelyzetéből leolvasott, a próbatest törésére fordított energia egyenlő kell legyen az erőmérőn regisztrált vilamos jel-idő (erő-idő) diagramból integrálással kiszámítható energiával. Ebből – az említett veszteséget is figyelembe véve – egy kalibrációs tényező számítható, amelynek statisztikailag megbízható értékét egy szokásos módon végrehajtott vizsgálatossorozatból a mért és a számított energiakülönbségek abszolút értékei összegének a minimalizálásával határozzák meg. Az ejtősúlyos ütőmű dinamikus kalibrálásához az összehasonlítás alapjául szolgáló, az ütésre fordított energia az ismert magasságból indított súly közvetlen a becsapódás előtt és a visszapatánás után mért sebességéből kiszámítható. Ezt teszik egyenlővé a regisztrátumból számítottal. Az így számítható kalibrációs tényező várható értékét pedig a különböző magasságokból indított ejtősúlyos kísérletssorozatból határozzák meg a már említett minimalizációs módszerrel.

A Resil ingás ütőmű család

Három típus alkotja a családot: az 5,5 J, a 25 J és az 50 J ütőenergiájú gépek (3. ábra). Valamennyi alkalmas az ISO és az ASTM szabványok szerinti Izod- és Charpy-féle ütve hajlító és a dinamikus szakítóvizsgálatra. A kalapács elfordulási szögét 1/1000 osztású digitális encoder méri. Az adatok gyűjtését és statisztikus feldolgozását a WINEP szoftver segíti, míg műszerezett ütővizsgálat esetén a dinamikus adatgyűjtést a DAS 4000 rendszer és szoftverjei végzik (Data Acquisition Software, mely egyetlen ütési folyamatról 4000 mérési pontot rögzít). A szoftver alkalmas az erő, az energia, a sebesség és az alakváltozás időbeli vagy alakváltozás függvényében végbemenő változásának az ábrázolására.



3. ábra

Az ütőművek mikroprocesszorral vezérelt elektronikája alkalmas a kalibráció ellenőrzésére, négynyelvű menükezelésre, az ütőmunka automatikus kiszámítására és SI vagy BS mértékegységben való megjelenítésére, a súrlódási energiaveszteség kalkulálására. Kijelzi a kalapács függőleges (0°) helyzetét, ill. az indítási szög értékét, az energiát, a sebességet, a minta méreteit, a bemetszés típusát, a minta jelét, a kezelő azonosítóját. Az elektronika RS 232 interfésszel számítógéphez csatlakoztatható további adatfeldolgozás céljából, ill. nyomtató csatlakoztatásával a részletesen felsorolt paraméterek jegyzőkönyv formátumban közvetlenül, számítógép nélkül is kinyomtathatók.

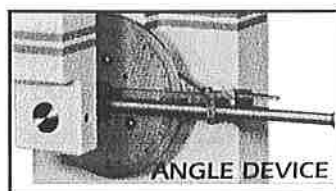
KÉSZÜLÉKEK, BERENDEZÉSEK

A választható tartozékok között megtalálható:

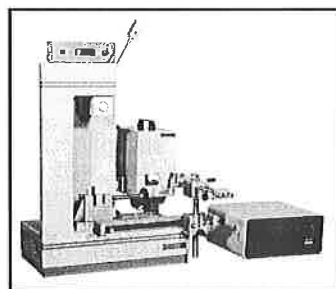
– a pneumatikus fék és visszaemelő mechanizmus, amely az ütést követően lefékezi a túllendülő kalapácsot és visszaemeli a kezdeti szögállásba;

– a mintakidobó eszköz, amely megóvja a visszalendülő kalapácsot a károsodástól, melyet egy esetleges el nem tört minta okozhat;

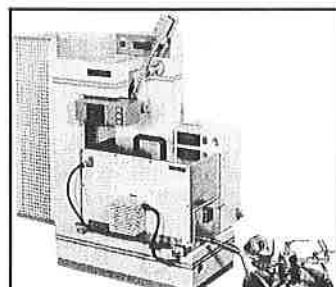
– az ejtési szög állítására szolgáló tartozék, amellyel a 150°-tól eltérő tetszőleges szöghelyzetből (0–150° tartományban max. 0,5° eltéréssel)



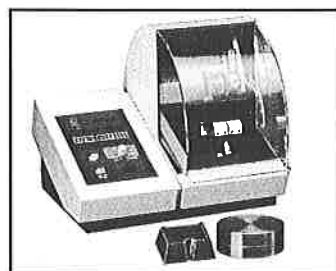
4. ábra



5. ábra



6. ábra



7. ábra

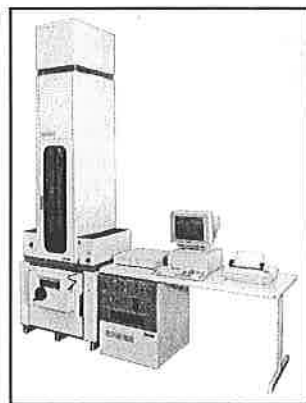
is indítható vizsgálat (4. ábra);
– a Cryomatic rendszer (5. ábra), amely nagy sorozatú ütővizsgálat elvégzésére alkalmas -70 és +100 °C hőmérséklet-tartományban. A hőkamrában egyszerre nagyobb mennyiségű próbatestet (kb. 35 db, mérettől függően) temperálható és egy manipulátorral vizsgálati helyzetbe hozható úgy, hogy az ütés is az előírt 5 másodpercen belül elvégezhető. A kamra hűtőközege folyékony nitrogén, és villamos fűtőszálakkal melegíthető. Az egyenletes hőelosztást ventilátor biztosítja.
– a Cryobox hűtőkamra (6. ábra) több minta temperálására alkalmas -50 és +20 °C tartományban; csatlakoztatható a Resil 25 ütőműhöz és nemcsak a próbatesteket, hanem a nagyobb tömegű mintatámaszt is hűti megakadályozva a kis tömegű próbatestet gyors felmelegedését, azaz a vizsgálati hőmérséklet pontos betartását segíti.

A Resilvis ütőmű a nagy sorozatú ütővizsgálatok automatizált végrehajtására alkalmas (címdoldali ábra). 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.

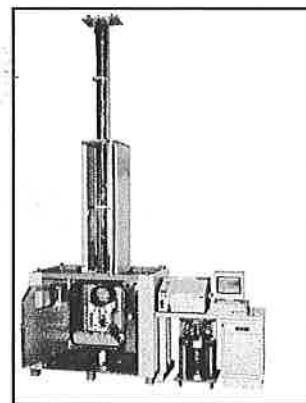
Az Elmendorf-inga bemesztett fóliák és ehhez hasonló minták továbbszakíthatóságának, tépési szilárdságának a szabványos vizsgálatára szolgáló, mikroprocesszorral vezérelt ütőmű (7. ábra). A helyzeti energia a karok és a tömegek cseréjével változtatható. Az ED 30 típus terhelhetősége 4–64 N, az ED 32-é pedig 50–100 N. Vonatkozó szabványok: ASTM D 689, ASTM D 1922, ASTM D 1434, ISO 1974, ISO 6383/2, BSI 4468.

Ejtősúlyos ütőművek

Fractovis: Műszerezett ütőheggyel ellátott ejtősúlyos berendezés, 264–490 J ütőenergia tartományban, max. 4,43 m/s ütési sebességgel az ASTM D 3029, az ISO 179, ISO 180, ISO 3127, az ASTM D 256, ASTM D 2444 és ezekkel egyenértékű szabványok szerinti vizsgálatokhoz (8. ábra). Egy rugó-előfeszítő egység segítségével kilőve az ütőfejet az ütőenergia 1300 J-ra, a sebesség 20 m/s-ra növelhető. Termokamra csatlakoztatásával -70 – +100 °C hőmérséklet-tartományban is vizsgálhatók a műanyag alkatrészek ütésállósága (pl. gépkocsik lők-



8. ábra

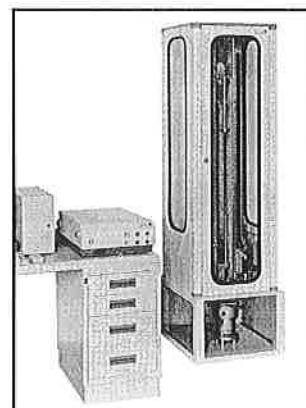


9. ábra

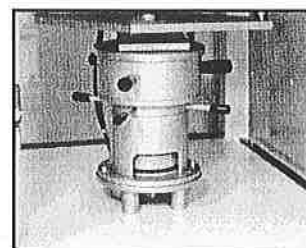
hárítója, hűtőrácsa, visszapiantó tükör burkolata a köfelverődést és ütközést szimulálva éghajlati viszonyok között). Automatizált változtatásával óránként 60-120 vizsgálat végezhető. Az ejtési magasság 1 m. Az ütési sebességet fotó-optikai úton méri. Az ütést követően egy speciális energiaelnyelő felfüggesztés emésztje el a megmaradó energiát. Opcióként egy anti-rebound rendszer a visszapiantás után lefékezi az ütőfejet megakadályozva a többszöri ütést.

Pipe tester: Működési elve hasonló a Fractovis-éhoz azzal a különbséggel, hogy csövek dinamikus vizsgálatára van kialakítva. Energia-tartománya: 10–150 J, a vizsgálható csőátmérő tartomány: 10–500 mm (9. ábra). A maximális ejtési magasság: 2000 mm. Vonatkozó szabványok: ISO 3127, BSI 3505, EN 744.

Dart tester: Műszerezett ejtősúlyos ütőmű, max. ütőenergia: 50 J, max. ütési sebesség: 4,43 m/s, fotó-optikai úton mérhető, az ejtési magasság állítható, max. 1 m (10. ábra). Ütés után az ejtősúly automatikusan visszatér a kiindulási magasságba. A befogószerkezet alsó és felső része nincs mechanikus kapcsolatban egymással, így a vizsgálati terbe nagyobb felületű minta is behelyezhető. A mintatartó függőlegesen állítható (11. ábra), így a változó vastagságú minta felületétől mérhető ejtési magasság állandó értéken tartható. Az ejtősúly maradék energiáját egy energiaelnyelő felfüggesztés emésztje el. Az ütőmű lemezek, kisebb alkatrészek és szerkezeti elemek törésvizsgálatára alkalmas. Vonatkozó szabványok: ISO 179, ISO 6603, ISO 7765, ASTM D 1709, ASTM D 3763, DIN 53 443.

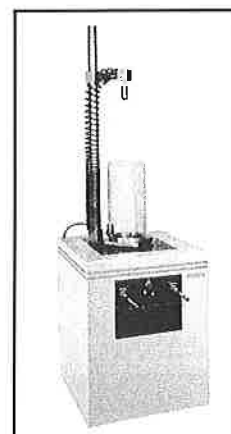


10. ábra



11. ábra

Ball drop tester: A pneumatikus befogóval rögzített és kifeszített műanyag fóliák átszakításához szükséges energia meghatározására szolgál (12. ábra). A gomba alakú ejtősúly tömege a szabványos súlysorozattal fokozatonként növelhető mindaddig, amíg tíz mérésből legalább öt esetben át nem szakad a fólia. Az ehhez tartozó ütőenergia a mérés eredménye. A maximális energia: 22 J. Vonatkozó szabványok: ASTM D 1709, BS 2782.



12. ábra