



**BUDAPESTI MŰSZAKI ÉS GAZDASÁGTUDOMÁNYI EGYETEM  
GÉPÉSZMÉRNÖKI KAR  
POLIMERTECHNIKA TANSZÉK**

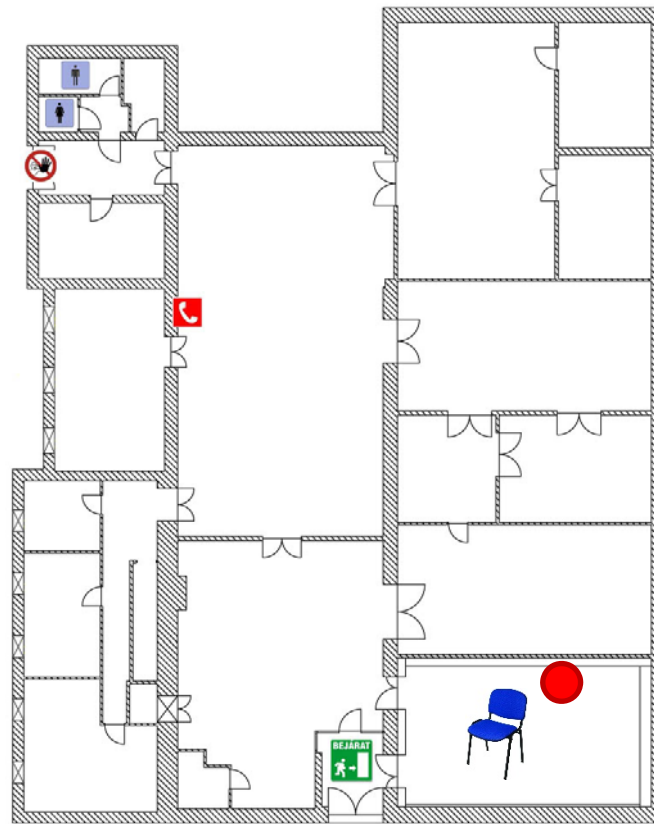
## **Dinamikus mechanikai tulajdonságok**

**POLIMEREK ÜTÉSI JELLEMZŐI**



**A JEGYZET ÉRVÉNYESSÉGÉT A TANSZÉKI WEB OLDALON KELL ELLENŐRIZNI!  
WWW.PT.BME.HU**

## A LABORGYAKORLAT HELYSZÍNE:



FIGYELEM! EZ A LABORGYAKORLAT A POLIMERTÉCHNIKA TANSZÉK MT ÉPÜLETI LABORATÓRIUMÁBAN LESZ! GYÜLEKEZŐ AZ MT ÉPÜLET BEJÁRATÁNÁL!

## TARTALOMJEGYZÉK

1.	A GYAKORLAT CÉLJA.....	3
2.	ELMÉLETI HÁTTÉR.....	3
2.1.	ÜTVE HAJLÍTÓ BERENDEZÉSEK FŐBB TÍPUSAI, AZOK MŰKÖDÉSE .....	4
2.2.	A CHARPY-FÉLE ÜTVE HAJLÍTÓ VIZSGÁLAT PRÓBATESTJEI .....	5
2.3.	A MÉRÉS MENETE, SZÁMÍTÁSOK .....	6
2.4.	EJTŐSÚLYOS VIZSGÁLATI MÓDSZER .....	8
3.	A MÉRÉS SORÁN FELHASZNÁLT ALAPANYAGOK, ESZKÖZÖK .....	10
4.	A TÉMÁHOZ KAPCSOLÓDÓ FELHASZNÁLT ÉS AJÁNLOTT IRODALMAK .....	10
5.	A TÉMÁHOZ KAPCSOLÓDÓ FONTOSABB SZAVAK MAGYARUL ÉS ANGOLUL ...	10
6.	A MÉRÉS JEGYZŐKÖNYVE .....	11

## 1. A gyakorlat célja

A gyakorlat célja megismertetni a hallgatóval a műanyagok ütési jellemzőinek legfontosabb vizsgálati módszereit. A gyakorlat során a törést okozó ütések modellező vizsgálatok különböző fajtáival és szabvány szerinti kiértékelésével ismerkedhetnek meg. A műanyagok ütési tulajdonságai adalékok (pl.: lágyítószer, erősítő- és töltőanyagok) alkalmazásával változtathatók, ugyanakkor a vizsgálati hőmérséklettől is jelentősen függenek.

## 2. Elméleti háttér

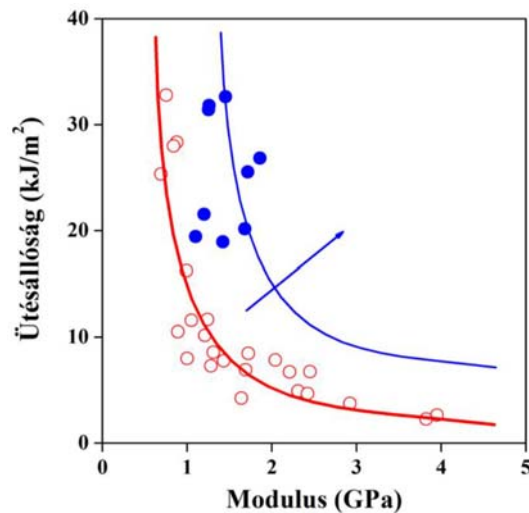
Az anyagok ütés hatására bekövetkező törését első sorban a fellépő csúsztatófeszültségek okozta nyírás váltja ki. Törhetőség szempontjából az anyagok lehetnek szívósak és ridegek. Rideg törésnél a töretfelületet körbevevő anyagban nem, vagy alig alakul ki maradó alakváltozás, ezzel szemben a szívós törést a töretfelületek körüli anyag jelentős maradó alakváltozása kíséri, amelynek kialakulása során jelentős energiát nyel el az anyag. Az anyag dinamikus igénybevétellel szembeni ellenállásának, az ütés közben a próbaesteben elnyelt munkának, azaz az ütőmunkának a meghatározására használjuk az energiaelnyelő képesség mérésére alkalmas mérőberendezéseket. A behatás irányától és a mérési elrendezéstől függően beszélhetünk valamilyen ingás ütőműről, vagy ejtősúlyos vizsgálóberendezésről.

Az ütés hatására a polimer felületén (egy esetben az anyag belsejében) keletkezik repedés, majd ez terjed tovább. Akkor következik be a törés, ha az ütés által bevitt energia meghaladja a repedés továbbterjedéséhez szükséges úgynevezett ütési energiát. Az üvegesedési átmeneti hőmérséklettartomány ( $T_g$ ) alatt a polimer anyagok ridegbben viselkednek, ami kihatással van a polimerek felhasználási tartományára is. Részben kristályos esetben vannak polimerek amelyek megfelelően szívósan viselkednek  $T_g$  alatt is, pl.: PA6; PET, de vannak olyanok amelyek rendkívül rideggé válnak és így műszaki célra nem használhatóak, mint a PP. (1. táblázat). A felhasználási tartomány a kristályolvadási hőmérséklet közelében ér véget. Az amorf termoplasztikus polimerek üvegesedési átmeneti hőmérséklettartománya jóval szélesebb, és a dinamikus mechanikai termikus analízis (DMA) görbén is jóval nagyobb modulus-változás tartozik hozzá, mint a részben kristályos polimerekhez. Az amorf hőre lágyuló polimerek tipikus felhasználási tartománya  $T_g$  alatti. Hideg körülmények közt üzemelő alkatrészek tervezésekor az anyagválasztás során az ütőszilárdság hőmérsékletfüggését is figyelembe kell venni.

		Üveges átmeneti hőm. $T_g$ [°C]	Ütőmunka $\alpha_C$ [kJ/m <sup>2</sup> ]
Részben kristályos	PE	-110	nem törnek
	POM	-60	10
	PP	-10	10
	PA6	+50	25
Amorf	PET	+73	3
	PVC	+80	5
	PS	+90	2
	HIPS	+90	8
	PMMA	+110	2
	ABS	+110	22

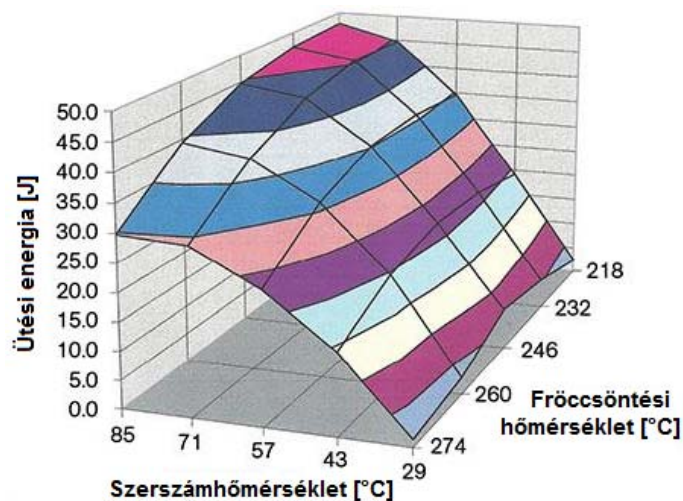
1. táblázat Néhány amorf és részben kristályos polimer anyag üvegesedési átmeneti hőmérséklete és hornyolt próbatesteken, 23 °C-on mért ütőmunkája [1]

Az anyagok fejlesztése során törekszünk a nagy merevségű (rugalmassági modulusú) és ütésálló anyagok használatára, azonban ez a két jellemző ellentétes egymással: az 1. ábrán látható, hogy polipropilén anyagcsaládon belül, ha növeljük az ütésállóságot, az a merevség csökkenéséhez vezet. A szükséges kompromisszumot a felhasznált anyagtípus megfelelő megválasztásával, vagy a szerkezet tervezett kialakításával érhetjük el.



1. ábra A modulus és az ütésállóság összefüggése PP kompozitokban [2]

Az ütési energia a felhasznált anyag tulajdonságain túl jelentősen függ a gyártási technológiától, az ott beállított feldolgozási paraméterektől, a szerszámkialakítástól és kitöltéstől, száliránytól stb. A fröccsöntés ömledékhőmérsékletének és a szerszámtemperálási hőmérsékletnek a hatását mutatja be a 2. ábra az anyag ütőszilárdságára.



2. ábra Szerszámhőmérséklet és fröccsöntési hőmérséklet hatása az ABS ütési energiájára [3]

### 2.1. Ütve hajlító berendezések főbb típusai, azok működése

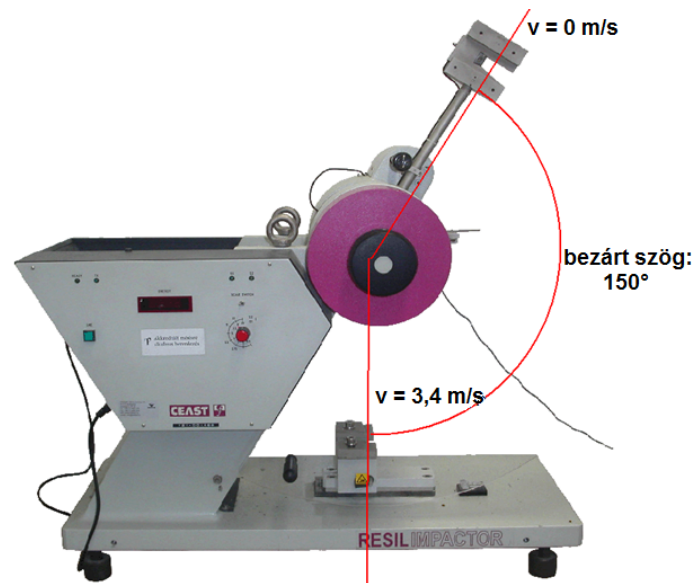
Az ütve hajlító vizsgálatához használt ütőmű ütést végző kalapácsa kezdetben  $h_0$  magasságban állva egy adott helyzeti energiával rendelkezik, míg mozgási energiája zérus. A kalapácsot a felső pozícióból elindítva, az köríves pályán gyorsul, és egy adott mozgási

energiával éri el a vizsgálni kívánt alkatrészt. Az ütés során a mozgási energia egy része a repedésterjedés elősegítésére fordítódik, a maradék pedig lassan csökkenve  $h_1$  magasságba lendíti tovább a kalapácsot. A kalapács ütés előtti és ütés utáni energiájának különbsége adja a törési munkát.

$$KV = m_0 \cdot g \cdot (h_0 - h_1) \quad (1)$$

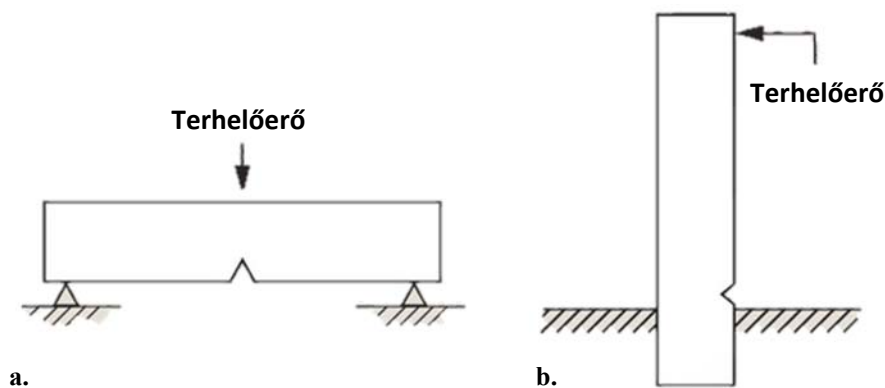
Ütőszilárdság mérésére két leggyakrabban alkalmazott módszer a Charpy-, és az Izod-féle ütve hajlító vizsgálat. Mindkét vizsgálat mérőberendezését az MSZ EN ISO 13802 szabvány [4] írja le. Egy ilyen ütőszilárdság mérésére használt berendezést mutat a 3. ábra. A két vizsgálat közti legjellemzőbb különbség a próbatest befogása.

Az Izod-féle ütve hajlító szilárdság meghatározására egy egyik oldalán befogott, hornyolt próbatestet használunk, amelynek a hornyolás felőli oldalát ütjük meg a hornyolástól meghatározott ütési magasságban (4/a. ábra). A vizsgálatot és annak kiértékelését az MSZ EN ISO 180 szabvány [5] szerint végezzük.



3. ábra Charpy-féle ütve hajlító berendezés 15 Joule-os kalapáccsal

A Charpy-féle ütve hajlító vizsgálat leginkább egy igen nagy sebességgel elvégzett hárompontos hajlító vizsgálatához hasonlítható, ahol a próbatestet két ponton támasztjuk alá, és a hornyolással szemközti oldalon centrálisan ütjük meg (4/b. ábra). A vizsgálatot és annak kiértékelését az MSZ EN ISO 179 szabvány [6] írja le. Ezekhez a berendezésekhez használhatók még speciális feltétek, úgymint az ütve szakító feltét, amellyel az anyagok dinamikus húzó igénybevétellel szemben mutatott ellenállása mérhető.



4. ábra Vizsgálati elrendezés bemetszett Charpy-féle (a) és Izod (b) ütvehajlító vizsgálat [4]

## 2.2. A Charpy-féle ütve hajlító vizsgálat próbatestjei

A Charpy-féle ütve hajlító vizsgálatához a szabványban meghatározott próbatesteket használunk, azonban a szabvány több típusú próbatestet is megenged. Létezik bemetszetlen, hasáb alakú próbatest, illetve olyan, amelyen bemetszést ejtünk. A hasáb, illetve a bemetszés geometriája szerint a 2. és 3. táblázatban bemutatott típusokról beszélhetünk.

Fontos a próbatestek kondicionálása a mérést megelőzően, ugyanis a hidrofíli tulajdonságú anyagok a nedvességtartalmuktól függően másként viselkednek kiszáritva és vízzel telített állapotban. Bár lehet, hogy az ütésnél ugyanazt az energiát (görbe alatti területet) kapjuk, a száraz próbatest magasabb mért erőnél ( $F_{max}$ ) törik el, a vízzel telített pedig bár alacsonyabb maximális erő figyelhető meg az ütés során, de nem törik el, hanem nagyobb maradó deformációt mutatva elnyeli az őt ért energiát. Ugyancsak fontos a vizsgálat hőmérséklete. A hőmérséklet emelkedésével az üveges fizikai állapotból a nagyrugalmas állapot felé haladunk, így a molekula a rezgőmozgástól eljut a mikro-Brown mozgásig, ami nagyobb mértékű deformációt és ezáltal ütéselnyelő képességet is megenged az anyagnak.

Próbatest típusa	Próbatest hossza $L$ [mm]	Alátámasztási távolság $L_0$ [mm]	Próbatest szélessége $b$ [mm]	Próbatest vastagsága $h$ [mm]
1-es típus	$80 \pm 2$	62 mm	$10 \pm 0,2$	$4 \pm 0,2$
2-es típus	$25 \cdot h$	$20 \cdot h$	10 vagy 15	3 (lehetőleg)
3-as típus	$11 \dots 13 \cdot h$	$6 \dots 8 \cdot h$	10 vagy 15	3 (lehetőleg)

2. Táblázat Ütve hajlító próbatestek szabványos típusai geometria szerint [1]

Bemetszés típusa	Maradó anyag- vastagság $b_N$ [mm]	Bemetszési alap sugara $r_N$ [mm]	Bemetszés ékszöge $\alpha$ [°]
A-típus	$8 \pm 0,2$	$0,25 \pm 0,05$	$45^\circ \pm 1^\circ$
B-típus		$1 \pm 0,05$	
C-típus		$0,1 \pm 0,02$	

3. Táblázat Ütve hajlító próbatestek szabványos bemetszés típusai geometria szerint [1]

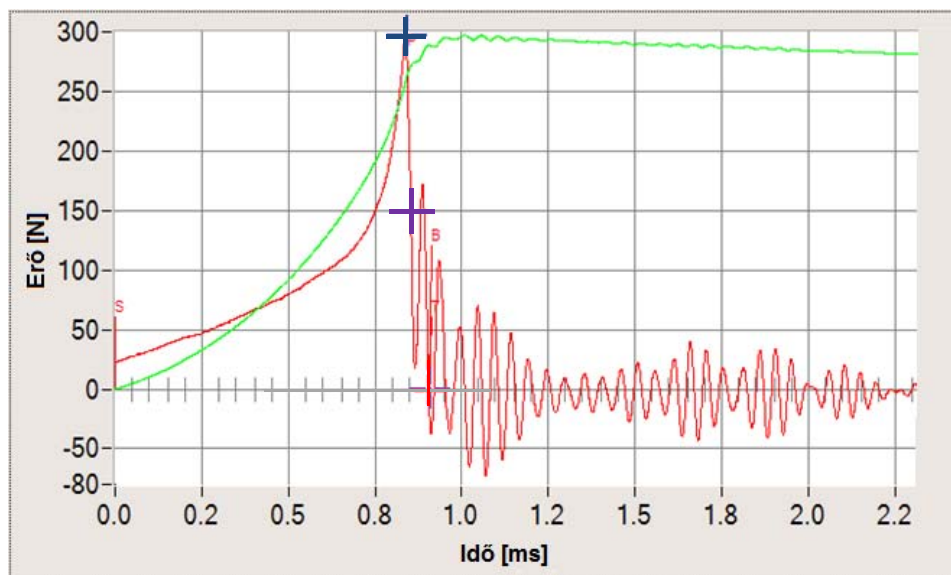
Mint az más a korábbi tanulmányokból ismeretes, a polimerek és polimer kompozitok húzó és nyomó modulusa különbözik egymástól, ezért a semleges szál nem a hajlított próbatest közepén lesz. A hajlító igénybevétellel szembeni ellenállásra, a hajlítófeszültségre legnagyobb hatással a húzott zóna van. Ez kihatással van az ütési jellemzőkre is, ugyanis hornyolt próbatestek esetén, minthogy a hornyolással szemközti oldalt ütjük meg, a húzott zónának jelentős része átvágásra kerül, így az ütve hajlító vizsgálat során mért energia jelentősen vissza fog esni, nem csupán a keresztmetszet csökkenésének megfelelő arányban: az 1-es típusú hornyolt próbatest keresztmetszete 20%-kal csökken, míg a mért energia akár 80-95%-kal is visszaeshet.

### 2.3. Mérés menete, számítások

Műszerezetlen mérés esetén a maximális erőértékhez tartozó energiát, azaz a kalapács becsapódása előtti és utáni energiájának különbségét kapjuk eredményül. Ebből meghatározható a próbatest keresztmetszetével normált fajlagos ütőmunka a (2) szerint. A próbatest keresztmetszete alatt hornyolt esetben az eredeti hasáb horonnyal csökkentett keresztmetszete értendő.

$$\alpha_C = E_{F_{max}}/A_0 \text{ [kJ/m}^2\text{]} \quad (2)$$

Amennyiben a kalapács vágóéléhez rögzített erőmérő szenzor által adott jelet egy adatrögzítőhöz kapcsolva műszerezett mérést végzünk, az ütés ideje alatt (2...20 ms) az adatgyűjtő egységtől függően akár 64000 mérési pontot is felvehetünk (5. ábra).



5. ábra Műszerezett ütve hajlító mérés során az erőváltozást mérjük az idő függvényében

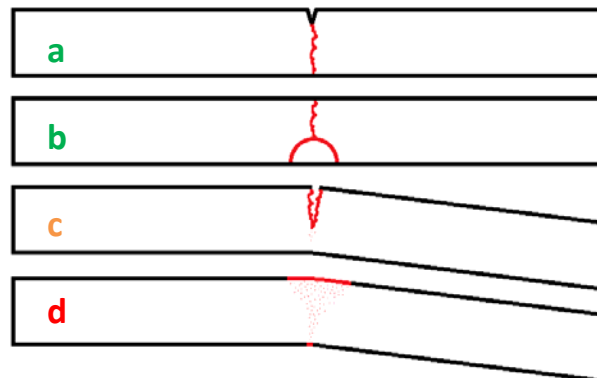
Az  $F_{max}$  eléréséig (+) értelmezett görbe alatti terület az  $E_{F_{max}}$  értéket adja, míg a görbe alatti területet az erőmaximumhoz képest 50%-os visszaesésig ( $F_{50} = 1/2 F_{max}$ ) (+) kiterjesztve  $E_{total}$  értékét kapjuk meg, amellyel a korrigált fajlagos ütőmunka ( $\alpha_{CN}$ ) számítható a (3) szerint.

$$\alpha_{CN} = E_{total(F_{50})}/A_0 \text{ [kJ/m}^2\text{]} \quad (3)$$

A maximális erőhöz és az erőmaximumhoz képesti 50%-os visszaeséshez tartozó mért energia, vagy munka hányadosa adja a duktilitási indexet, amely a tönkremenetel fajtáját jellemző, 0 és 1 közé eső, mértékegység nélküli szám (4). Ha a duktilitási index ( $DI$ ) értéke tart az 1-hez, akkor szívós törésről beszélünk, míg ha csökken, akkor az anyag egyre ridegebben viselkedik, illetve képlékenyen, amikor nem következik be törés.

$$DI = (E_{tot} - E_{F_{max}}) / E_{total} [-] \quad (4)$$

A töretfelületek megfigyelése (6. ábra), optikai értékelése alapján megkülönböztethetünk egyenes ( $a$ ), kagylós ( $b$ ), részleges ( $c$ ) törést és el nem tört ( $d$ ) próbatestet.



6. ábra Charpy-vizsgálati próbatestek töretfelületei

Az egyenes töretfelülettel ( $a$ ) rendelkező, a Hooke-törvénnyel jól leírható törések esetén maradó, plasztikus deformáció nincs. Szívós törés esetén alakul ki a húzóerőre merőleges repedésterjedés következtében az úgynevezett kagylós törés ( $b$ ), amely kis méretű plasztikus zónával is rendelkezik. Szívós anyagok, így pl. az ütésálló polisztirol és egyes polipropilének törhetnek így. Műszerezetlenül mind az egyenes, mind a kagylós törés jól kiértékelhető, azonban műszerezett mérésnél a kagylós törés lecsengő szakaszán keletkező felharmonikusok ronthatják a mérés kiértékelésének pontosságát, ebben az esetben célszerű rezgés csillapítást, vagy hornyolt próbatestet használnunk a vizsgálatokhoz. A csak részlegesen törött ( $c$ ) vagy el nem tört próbatestek ( $d$ ) jelentős maradó deformációval járó alakváltozást is elszenvednek a mérés során és a teljes tönkremenetel előtt kifordulnak az alátámasztásból. Esetükben a plasztikus deformáció a domináns, a minta tönkremenetele – ha nem fordulna ki az alátámasztásból – szakadással következne be (pl. PP-EPDM, PE). Ezek sikertelen mérésnek tekintendők, amelyeket nem lehet megfelelően kiértékelni, ezért ekkor hornyolt próbatestet szoktunk alkalmazni. Ha a vizsgálandó termék beépítési, használati környezete indokolja azt, célszerű eltérni a 23 °C-os szobahőmérsékletű vizsgálatoktól és a vizsgálatokat emelt vagy épp alacsony hőmérsékleten végezni.

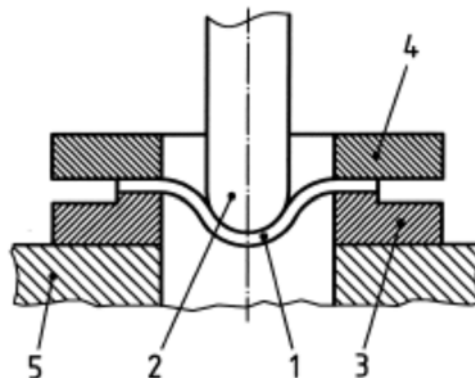
#### 2.4. Ejtősúlyos vizsgálati módszer

Az ejtősúlyos, vagy ejtődárdás vizsgálatok bár jóval kevésbé elterjedtek a fémek, kerámiák és polimerek dinamikus mechanikai vizsgálataiban, mint az Izod-, vagy Charpy-féle vizsgálatok, mégis igen sokrétű felhasználási területről beszélhetünk az esetükben.



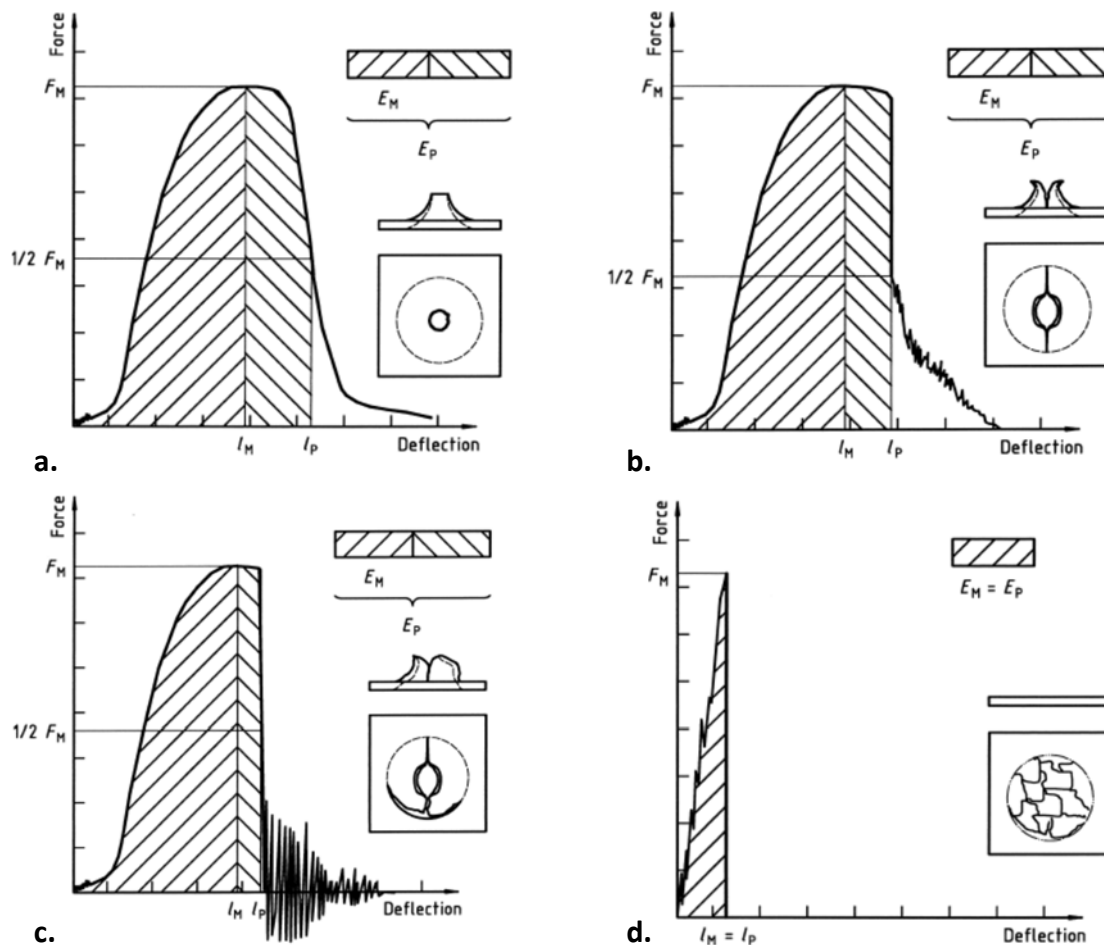
Leggyakrabban geotechnikai vizsgálatokhoz alkalmazzák, azaz földművek, alaprétegek dinamikus tömörség- és teherbírás mérésére. Ezen a területen roncsolásmentes vizsgálatnak számít. Gyakran alkalmazzák bevonatok, festékek tartósságának vizsgálatára, ekkor nem a bevont felület átütése a cél, hanem a bevonat felsértése, roncsolása. Polimerek, polimer kompozitok esetén összetett igénybevételek vizsgálatára, a lapka jellegű próbatestek, lemezek, komplex sík szerkezetek perforálására használjuk. Néhány gyakorlati példa az alkalmazási területekre: a repülőgépipar saját mérési követelményeket dolgozott ki, amelyekkel a madárrajjal, vagy jégesővel ütköző repülőgépet érő hatásokat modellezhetik. Használható bukósisakok megfelelőségi tesztjeihez, azok továbbfejlesztéséhez, szövetek, filmek, fóliák, ponyvák vizsgálatához, folyadékkristályos kijelzők dinamikus erőhatásokkal szembeni ellenállásának vizsgálatára, bevonatok tartósságnak (kőfelverődés, jégeső, stb.) mérésére, golyóálló mellények hatékonyságának, kompozitok ütésállóságának validálására [8].

A vizsgálat során egy beállított magasságból adott átmérőjű, a berendezéstől és a megkívánt terheléstől függő súlyokkal felszerelt „dárdát” ejtünk a kör alakú feltámasztást adó felületre helyezett lapszerű próbatestre, amelyet szükség esetén egy szorítógyűrűvel le is fogatunk (7. ábra). Ez a vizsgálat a Charpy-féle ütve hajlító vizsgálatához hasonlóan végezhető műszerezetlenül és műszerezetten is.



7. ábra Ejtődárdás vizsgálat elvi elrendezését az MSZ EN ISO 6603 szabvány írja le (1. próbatest; 2. ejtődárda; 3. próbatest tartó; 4. leszorító gyűrű; 5. alaplap) [7]

A törésfajták szerint (8. ábra) megkülönböztetünk olyan vizsgálatot, ahol áthatolt, penetrált a dárda, de nem hasadt fel a próbatest (*a*), áthatolt a dárda, és megindult a behatolástól egy hasadás a befogás felé, de azt nem érte el, vagy bár elérte, de nincs nagy kitérés (rezgés) a mért erőben a 0-hoz képest (*b*). Előfordul, hogy a dárda behatolása után jelentős felharmonikusokat (rezgéseket) okozó hasadás érte el a befogót és a befogás (leszorítás) mentén ívesen folytatódott (*c*), valamint amikor a behatolás pillanatában a próbatest ridegen, katasztrofászerűen tönkremegy (*d*). Az *a* és *b* eset szerinti műszerezett vizsgálatok során jól kiértékelhető görbéket kapunk, a *c* eset szerinti vizsgálat kiértékelésével kapott eredmények nem kellően pontosak, míg a *d* esetben kapott görbe kiértékelhetetlen



8. ábra Ejtődárdás vizsgálatok során mérhető jellegzetes erő-elmozdulás görbék [7]

Az adatgyűjtő egységgel rögzített görbéről a Charpy-vizsgálat bemutatásánál tárgyalt módon határozhatjuk meg az erőmaximumhoz ( $E_{Fmax}$ ) és az erőmaximumhoz képest 50%-os visszaeséshez ( $1/2 F_{max}$ ) tartozó ( $E_{total}$ ) energiákat. A perforációs energiát (5) az erőmaximumhoz képest 50%-os visszaeséshez ( $1/2 F_{max}$ ) tartozó  $E_{total}$  és a vizsgált lapszerű termék vastagságának hányadosaként kapjuk, míg a tönkremenetel szívósságára utaló mértékegység nélküli jelzőszámot, a duktilitási indexet (DI) (6) a Charpy-vizsgálatnál már tárgyalt módon határozhatjuk meg.

$$E_{Perf.} = E_{total(F_{50})}/v \text{ [kJ/m]} \quad (5)$$

$$DI = (E_{tot} - E_{Fmax})/E_{total} [-] \quad (6)$$

### 3. A mérés során felhasznált alapanyagok, eszközök

A vizsgálatokhoz a dinamikus igénybevételekkel szemben különbözőképpen viselkedő polimereket használunk (PE, PP, PS, ABS, HIPS, stb.), amelyeket egyes esetekben szálerezítést (üvegszál) tartalmazhatnak). A Charpy-féle ütve hajlító vizsgálatokhoz bemetszett és bemetszetlen, 80x10x4 mm-es, fröccsöntött, hasáb alakú próbatesteket használunk. A

próbatestek esetleges kondicionálásához WGLL-125 BE (Kína) szárítószekrényt, illetve folyékony nitrogént használunk.

A Charpy-féle ütve hajlító vizsgálatokat Ceast Resil Imapctor Junior (Olaszország) berendezésen végezzük. A műszerezett ütőmű 2, 15 és 25 Joule-os kalapáccsal szerelhető, ütési sebességtartománya 2,9-3,7 m/s.

Az ejtődárdás vizsgálatot Instron/Ceast Fractovis 9350 (Olaszország) berendezésen végezzük. A félgömb fejű ejtődárda átmérője 20 mm, a berendezés maximális ejtési magassága 1 m + rugós előfeszítés. A terhelő tömeg 2 – 70 kg között változtatható.

#### 4. A témához kapcsolódó felhasznált és ajánlott irodalmak

- [1] Czvikovszky T., Nagy P. Gaál J.: Polimertechnika alapjai. *Műegyetemi Kiadó*, Budapest, 2000.
- [2] Pukánszky B., Móczó J.: Műanyagok. *Typotex Kiadó*, Budapest, 2011.
- [3] Sepe M.: The importance of melt & mold temperature. *Plastics Technology* 28.11.2011
- [4] Nemzetközi szabvány: MSZ EN ISO 13802:2015 – Műanyagok. Az ingás ütővizsgáló gépek hitelesítése
- [5] Nemzetközi szabvány: MSZ EN ISO 180:2000 – Műanyagok. Az Izod-féle ütő-hajlító szilárdság meghatározása
- [6] Nemzetközi szabvány: MSZ EN ISO 179-1:2010 – Műanyagok. A Charpy-féle ütési jellemzők meghatározása
- [7] Nemzetközi szabvány: MSZ EN ISO 6603:2001 – Műanyagok. Kemény műanyagok ütéssel szembeni viselkedésének meghatározása.
- [8] Faur-Csukat G.: Műanyag kompozit szerkezetek lövedékállóságának vizsgálata. XI. Fialatal Műszakiak Tudományos Ülésszaka (konferenciacikk), Kolozsvár, 2006.03.24-25. 93-97.

#### 5. A témához kapcsolódó fontosabb szavak magyarul és angolul

Angolul	Magyarul
pendulum impact test	ütve hajlító vizsgálat
drop weight impact test	ejtősúlyos vizsgálat
notched bar	hornyolt hasáb (próbatest)
striker	ejtődárda
support	támasz
impact strength	ütőszilárdság

Anyagtudomány (BMEMTMK02) gyakorlat  
Dinamikus mechanikai tulajdonságok jegyzőkönyv

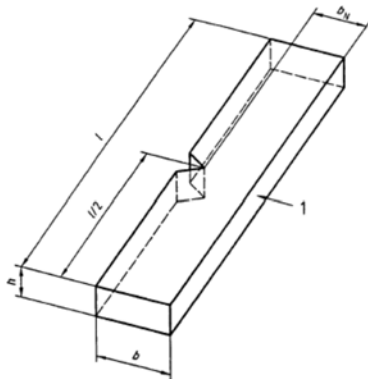
Hallgató adatai		Gyakorlat-vezető:	Dr. Bakonyi Péter Kiss Lóránt Kotroczy Luca	
Név:		Dátum:	2022.	
Neptun kód:		nem felelt meg	megfelelt	

**Charpy-féle ütve hajlítás**

Berendezés típusa: CEAST Resil Impactor Junior

Berendezés méréshatára: ..... Alátámasztási távolság: .....

Környezeti hőmérséklet: ..... [ °C ] Környezeti relatív légnedvesség: ..... [ % ]



1. egyenes



2. kagylós



3. repedt



4. nem tört el



No.	Próbatest fajtája	Bemetszett vagy bemetszetlen?	Próbatest keresztmetszet			Próbatest töretfelülete
			a [mm]	b [mm]	A [mm <sup>2</sup> ]	
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
11.						
12.						
13.						
14.						
15.						

No.	$F_{max}$ [N]	$E_{Fmax}$ [J]	$\alpha_c$ [kJ/m <sup>2</sup> ]	$E_{total}$ [J]	$\alpha_{cn}$ [kJ/m <sup>2</sup> ]	DI [-]
1.						
2.						
3.						
4.						
5.						
6.						
7.						
8.						
9.						
10.						
11.						
12.						
13.						
14.						
15.						

### Ejtősúlyos vizsgálat

Berendezés típusa: Instron/Ceast Fractovis 9350

Beccapódási sebesség: 4,4 [m/s] Próbatest vastagsága: ..... [mm]

Környezeti hőmérséklet: ..... [°C] Környezeti relatív légnedvesség: ..... [%]

Sorszám	Mérési hőmérséklet	Mért erőmaximum	Erőmax. energiája	Max. ütési energia	Perforációs energia	Duktilitási index
	T [°C]	$F_{max}$ [N]	$E_{Fmax}$ [J]	$E_{total}$ [J]	$E_{Perf}$ [J/m]	DI [-]
1.	Szobahő	343,1	1,84	1,91		
2.	+80	1606	12,4	19,82		
3.	-20	147,8	0,05	0,73		

Az adatgyűjtővel kirajzolt terhelőerő görbe nullátmeneti pontjánál leolvasott  $E_{total}$  és az erőmaximumhoz tartozó  $E_{Fmax}$  segítségével határozza meg a perforációs energiát és a duktilitási index értékét. Jelölje az ábrán az  $E_{total}$  és  $E_{Fmax}$  leolvasásának a helyét.

