

Elektronika, elektronikus mérőrendszerek

Borbás Lajos Ph.D.

c. Egyetemi tanár
borbas@kge.bme.hu

**BME Járműelemek és Jármű-szerkezetanalízis
Tanszék**

2014-2015. őszi félév

Irodalmak

Szendrő Péter szerk.: Gépelemek

7. fejezet: Mérések (2007), Kiadó:

„Mezőgazda”, ISBN 978-963-286-371-9.

www.tankonyvtar.hu

Keresés a digitális témán belül

(www.tankonyvtar.hu): pl.:

[Főoldal](#) > TÁMOP-4.1.2 A1 és a
TÁMOP-4.1.2 A2 könyvei > [Könyvek](#)
> [Alkalmazott tudományok](#) > [Géptan](#)

Gyártásautomatizálás (ezen belül pl.
méréstechnika, ill. bármi)

Rövid tartalom

Kísérleti mechanikáról általában

(mechanikai, biomechanikai rendszerek vizsgálata, ellenőrzése, következtetések)

Egy kis történelem (régmúlt, közelmúlt)

(Optikai eljárások, kiemelten (különösen):

optikai feszültségvizsgálat

modellezési (2D és 3D) valamint rétegbevonatos eljárása

Digitális képkorreláció módszere)

Mit várunk a kísérleti mechanika eljárásaitól

Feszültségeloszlás vizsgálata,

Határfeltételek meghatározása,

Stabilitási kérdések vizsgálata,

Maradó feszültségek mérése,

Törésmechanikai ellenőrzések,

Szerkezetekre ható **külső terhek** meghatározása.

Vizsgálódhatunk **modelleken** vagy **tényleges**

szerkezeteken, kiterjedhetnek **teljes felületekre**, azok

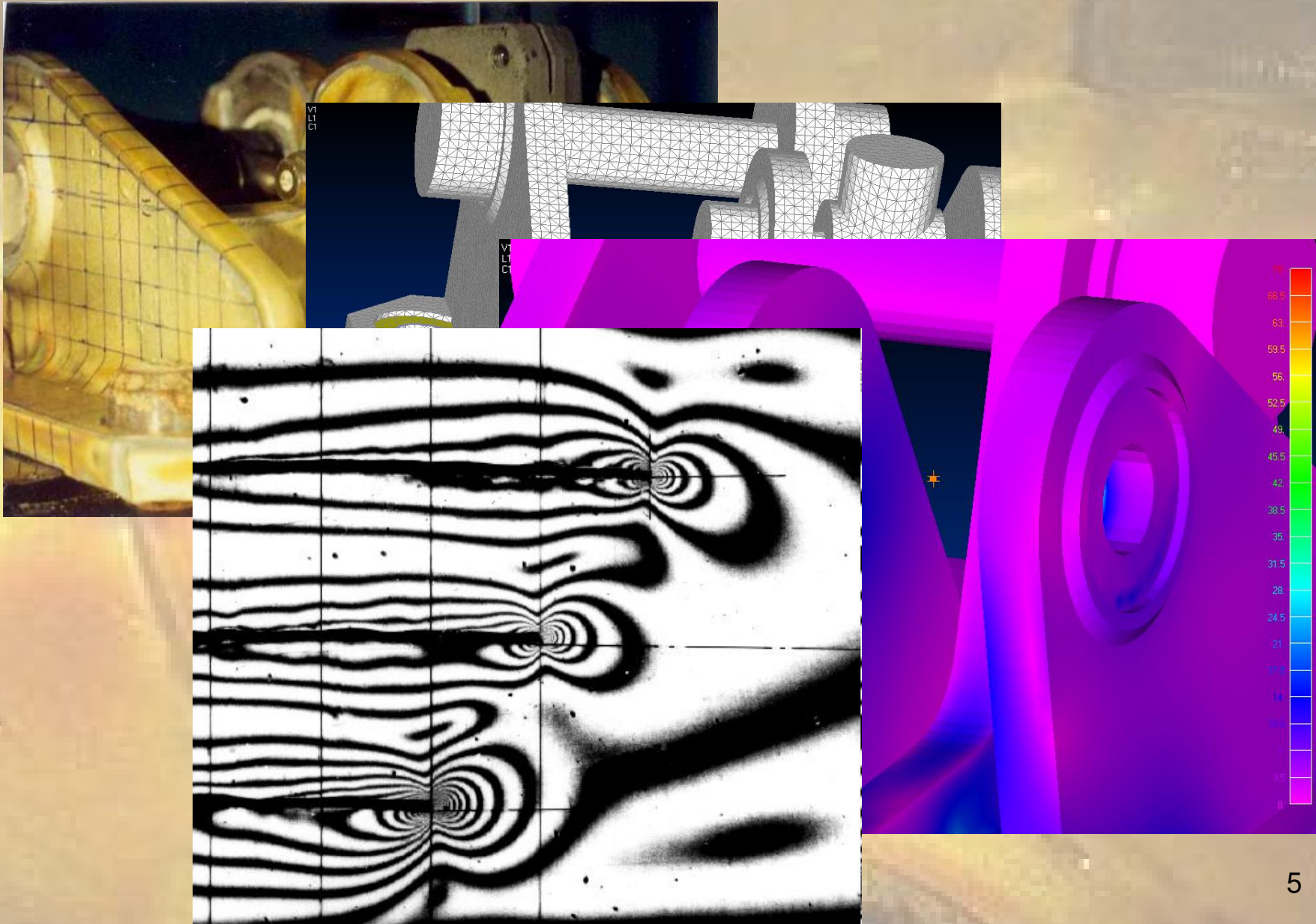
egy **részfelületére**, **pontszerű** környezetekre, **2D-s**,

vagy akár **3D-s** elemzéseket is végezhetünk:

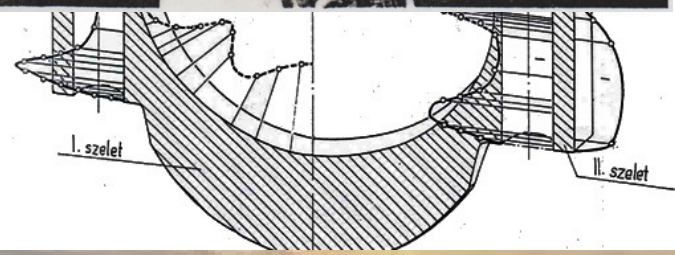
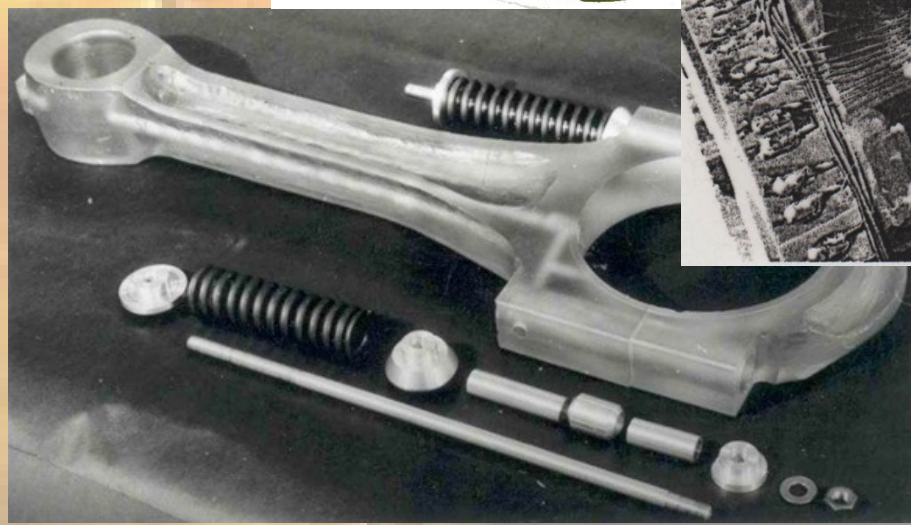
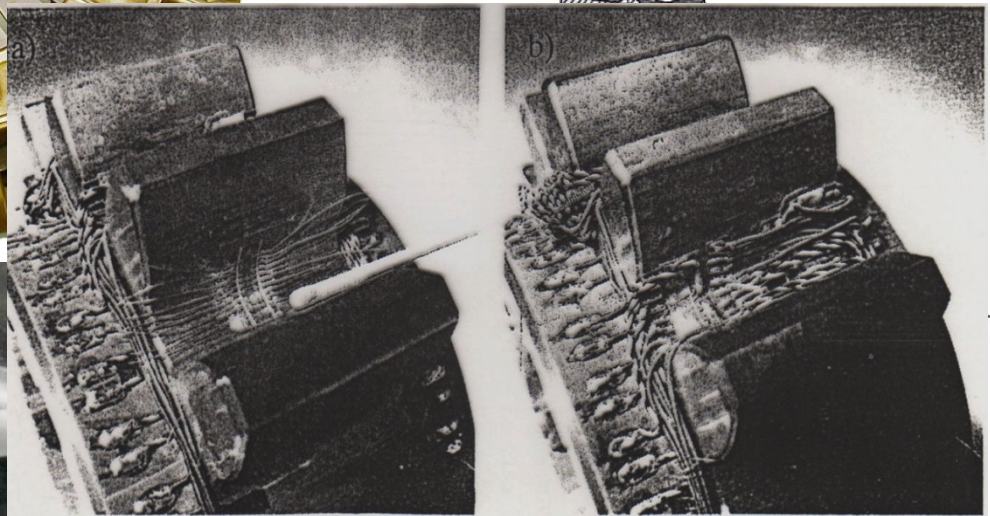
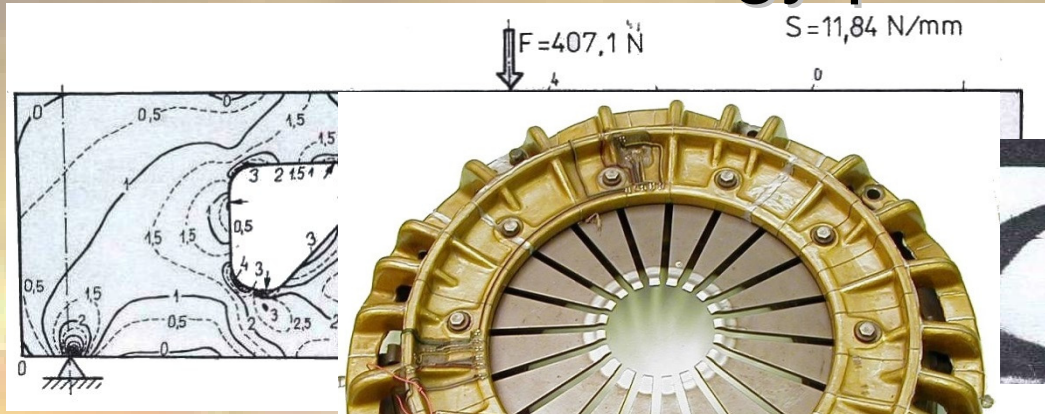
elmozdulások, nyúlások, deformációk meghatározására.

Módszereink: mechanikus vizsgálatok (roncsolásos, roncsolás mentes), optikai, elektromos, - elektronikus módszerek, ultrahang, - röntgen elvű módszerek,

Néhány példa az optikai eljárások alkalmazásáról



Modellek, tényleges szerkezeti elemek, felületek vagy pontszerű környezetek



RENAISSANCE, 1500 – 1600 AD

Leonardo da Vinci, 1452 – 1519 AD

Beside being a great artist he was also a great experimenter and propagated the

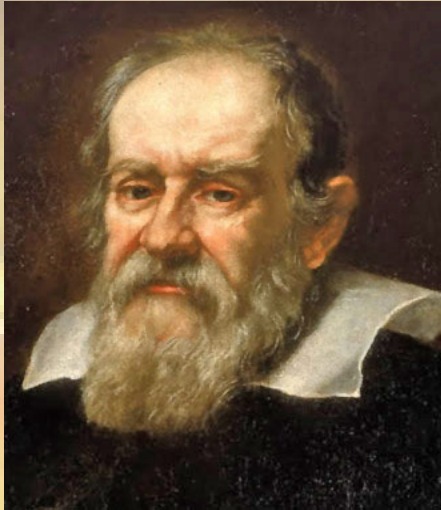
**„*systematic description method*“
(*szisztematikus rendszerleírás*)**

in natural sciences, part of which are *applied mechanics* and *experiments*.



The first tensile test was carried out by *Leonardo da Vinci* (1452...1519) in 1495.

Galileo Galilei

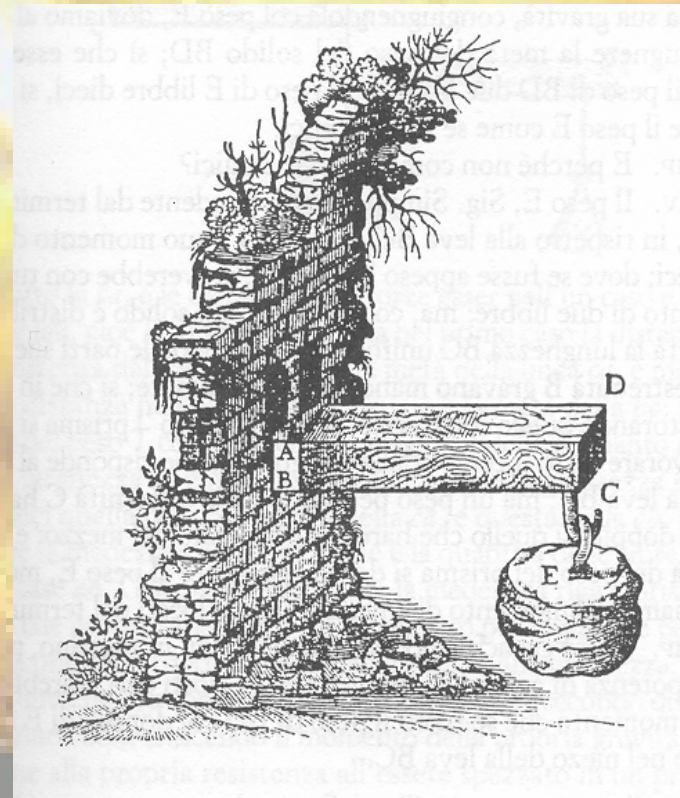


„It is necessary to measure what can be measured and to make measurable what as yet cannot be measured“. *2

„Mindent mérni kell,
ami mérhető,
s ha valami nem az,
törekedni kell azt
mérhetővé tenni”

*2 Source: Galileo Galilei, (1638):

Discorsi E Dimostrazioni Matematiche



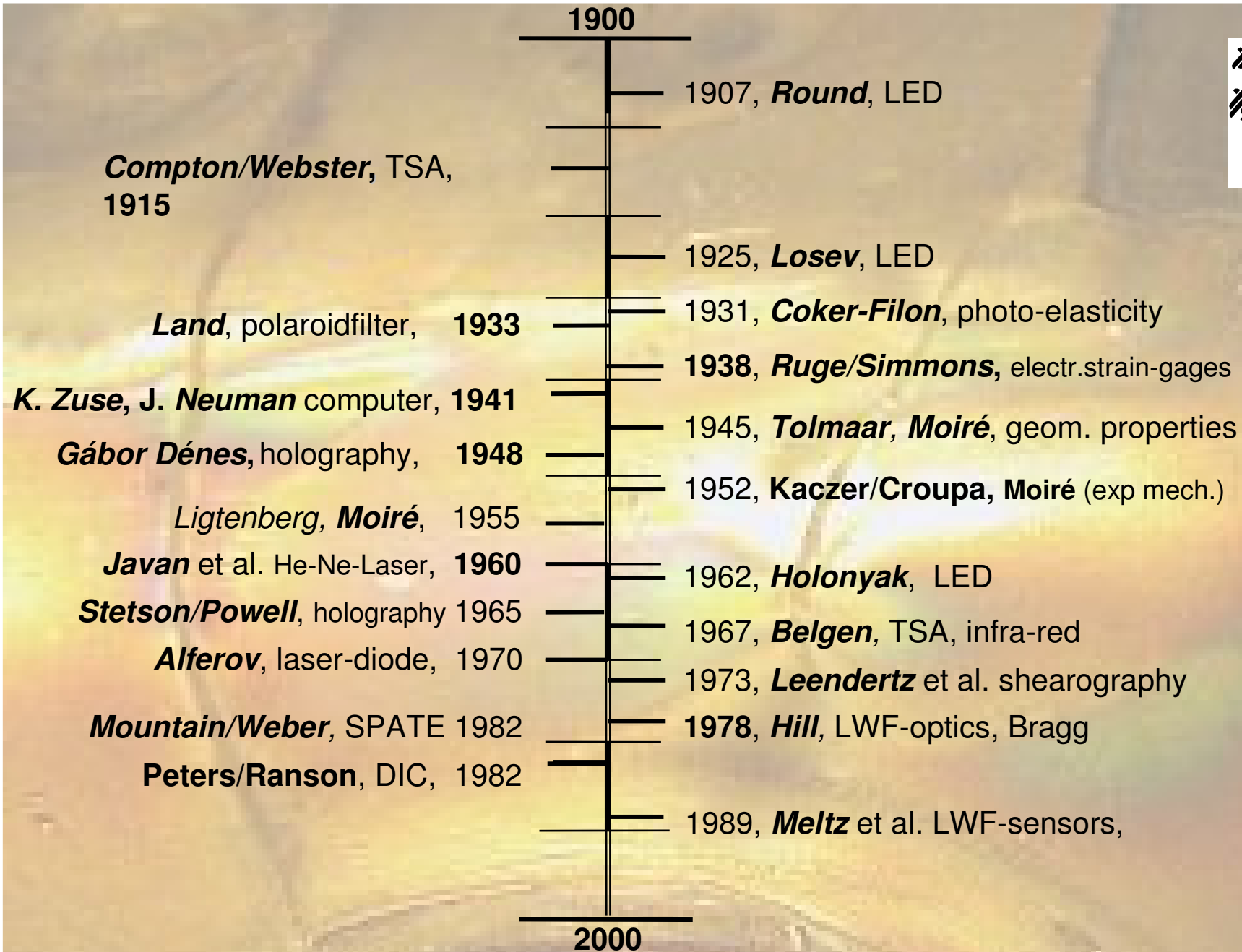
Historical thought I

Historical thought II

*It is a fact that Galilean science
(observation and deduction), not
Aristotelian logic and metaphysics, made
our material civilization what it is.*

*E.T. Bell, in
"The Development of Mathematics", 1943*





Műszaki felfedezések, melyek meghatározó irányt adtak a kísérleti mechanika fejlődésének

“...Gépalkatrészek *megbízhatóságának növelése, meghibásodási valószínűségének csökkentése* a géptervezők egyik legfontosabb feladata.

A meghibásodás kockázatának csökkentésében szerepet játszó okok és tényezők figyelembevétele a tervezés lehető legkorábbi fázisában (fázisaiban) indokolt, hiszen a tervezés késői szakaszában, vagy már a gyártásnál feltárt problémák korrekciója sokkal bonyolultabb...” *1.)

*1.) **A. FREDDI** (DIEM Bologna University)

IX. Danubia-Adria Symposium, Trieste, 1992. Proceedings p.:1...20.

A Tervező / Fejlesztő

minden olyan lehetséges eljárást, elméleti számítást, modell vizsgálatot, laboratóriumi ellenőrzést figyelembe kell veyen a tervezés fázisában, melyek eredményeként a tervezett szerkezet élettartama növelhető (tervezési szinten tartható), a meghibásodás valószínűsége csökkenthető.

Részletes tartalom

Bevezetés

A tervezési folyamat célja

Tervezés metodológiája

Mérési eljárások osztályozása

Megjegyzések a mérési eljárások kiválasztásához

Mérések helye, szerepe a tervezési folyamatban

(Rudiments of photostress analysis

Instrumentation of the photostress method

Model investigation (fringe pattern and isoclinic analysis)

3D analysis in case of plane transmission polariscope

Fracture mechanical investigation in model technique

Real structure investigation with photoelastic coating technique

Coating technique in case of reinforced plastic materials

Biomechanical application of coating technique)

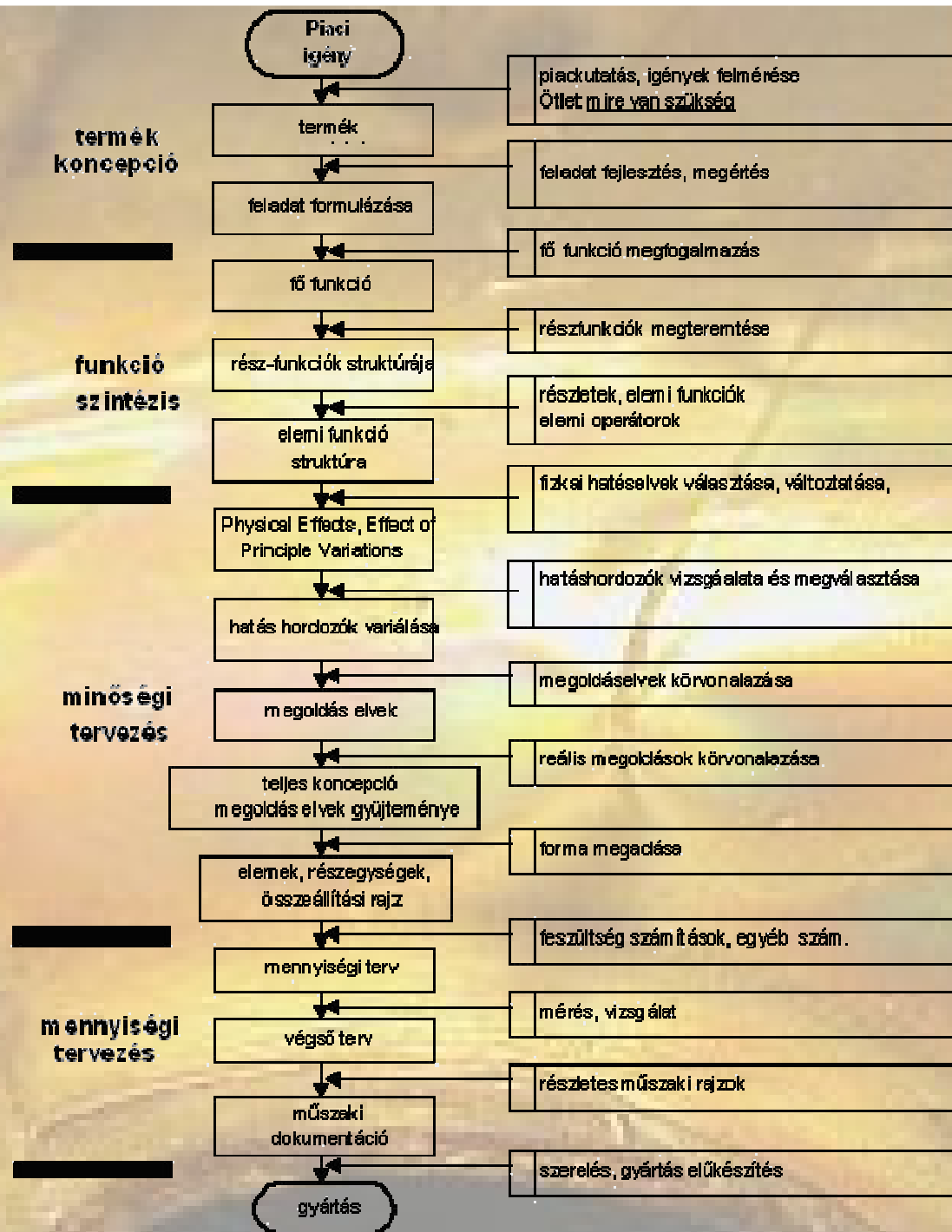
Mérések pontszerű környezetben

Nyúlásmérő eljárások alkalmazásának alapjai

Nyúlásmérő ellenállással mérő technika műszerei

Maradó feszültségek mérései

Mérések-számítások helye, szerepe a konstrukciós munkában



A tervezési folyamat rendkívül összetett, különböző absztrakciós szinteken megvalósuló tevékenység.

A folyamat végső fázisa a mennyiségi tervezés, eredménye a gyártás során realizálódó termék.

Ahhoz, hogy a berendezés tervezési élettartamának megfelelően, azon belül megbízhatóan, meghibásodás-mentesen működjön, tervezett módon számos vizsgálatot, mérést, ellenőrzést kell végrehajtani a tervezési folyamat mennyiségi szakaszában.



Mérésekből határozhatjuk meg

egy adott szerkezetre **ható terhelések**
valóságos jellemzőit, valamint

a szerkezet tényleges viselkedését.

Vizsgálatainkat, méréseinket végrehajthatjuk **valóságos szerkezeteken**, alkalmas feltételekkel elkészített (méretarányos, többnyire egyszerűsített) **modelleken** (melyeken mért eredmények a valóságra a **modelltörvények** alkalmazásával számíthatók át), vagy éppenséggel a szerkezetből megfelelően kiválasztott és elkészített próbatesteken (pl. anyagjellemzők meghatározása).

Általános elvként elmondható, hogy egy szerkezet tönkremeneteli valószínűségének csökkentése érdekében a szükséges méréseket, vizsgálatokat a gyártási költségek minimalizálására tekintettel a tervezés, gyártás lehető legkorábbi szakaszában célszerű elvégezni.

A megfelelő gondossággal elvégzett számítási (modellezési) eljárások, valamint az alkalmasan megválasztott mérési technikák egymást kiegészítő alkalmazásával (hibrid módszer) határozhatók meg az alkatrészek, szerkezetek pontos igénybevételei, terhelések hatására kialakuló nyúlás, és feszültség eloszlásai, adott terhelési körülmények között kialakuló rezgései, lengései.

A kísérleti mechanika néhány ismertebb eljárásának osztályozása

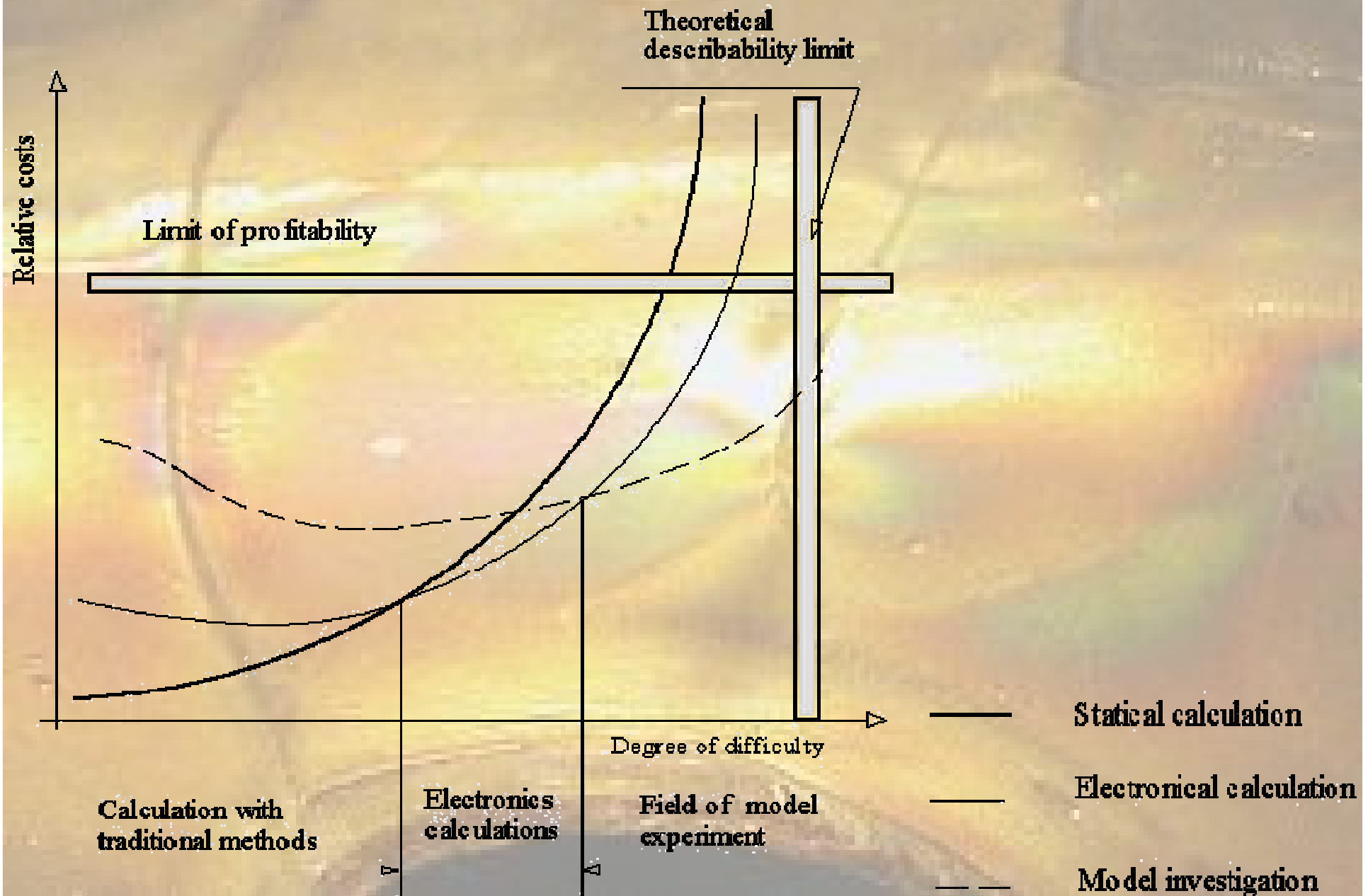
Makroszkópikus feszültségállapot mérése

Feszültségeloszlás vizsgálata	Határfeltételek meghatározása	Stabilitási kérdések vizsgálata
Mechanikus nyúlásmérő eljárások	Mérés nyúlásmérő ellenállással	Árnyék Moire eljárás
Mérés nyúlásmérő ellenállással	Nyomáseloszlások vizsgálata	Specle-interferometria
Feszültségoptikai vizsgálatok, modellkísérletek, vagy rétegbevonatos mérési elveken	Rezgőhúros mérési eljárás	
Moire-eljárások		
Thermo-emissziós vizsgálatok		
Digitális Képkorreláció (DIC)		

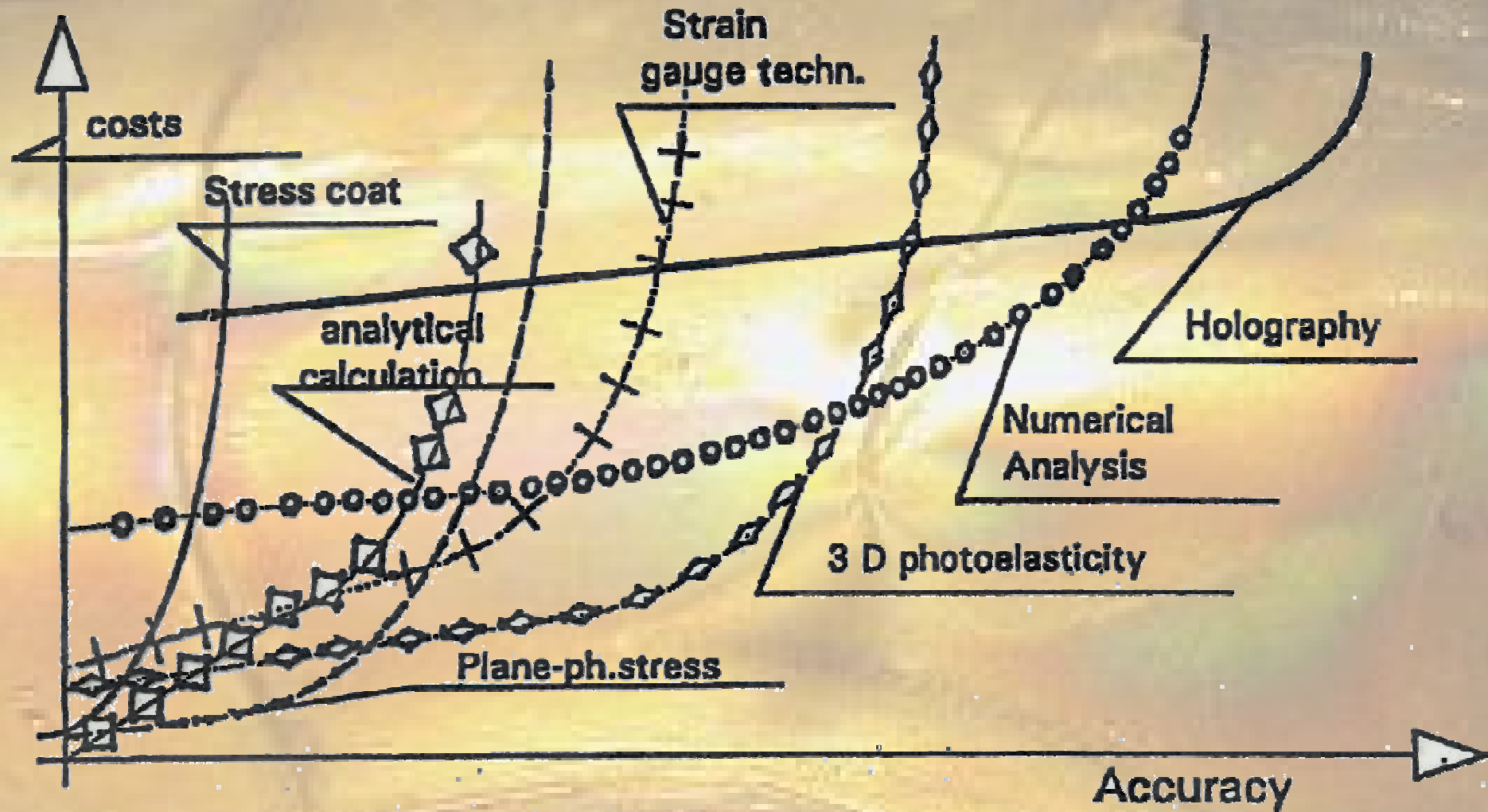
Meghibásodások okainak feltárása

Maradó feszültségek mérése	Törésmechanikai ellenőrzések
Speckle-interferometria	Feszültségoptika
Szeletelési eljárás	Modellkísérlettel, vagy
Felvágási technika	Rétegbevonatos mérési eljárással
Lyukfúrásos eljárás	Holografikus interferometria
Röntgen diffrakció	Thermovizió
Ultrahang terjedési sebesség mérése	Árnyék Moire eljárás
Barkhausen zaj vizsgálat	

Összehasonlítás az egyes eljárások „relatív költség - bonyolultság” vonatkozásában

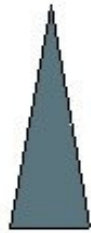
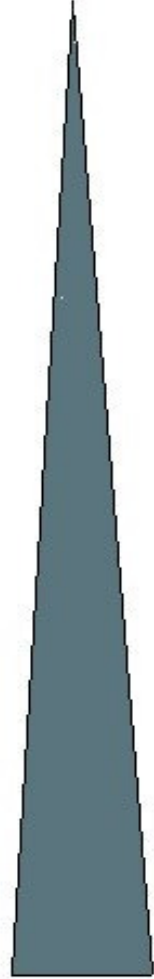


Költség - pontosság kérdése

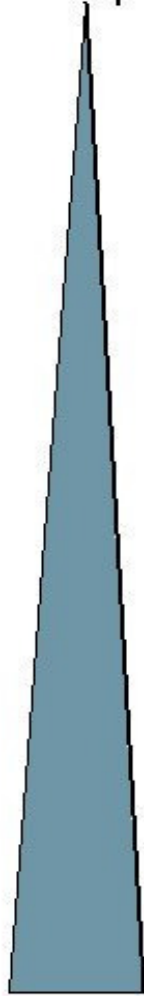


Milyen gyorsan kapunk eredményt

Reaction time	Measuring method	Computational method
Short	Laser-Doppler Method Thermoelastic stress analysis Contact stress measurement Photoelastic coating technique Stress coat Plane photo elasticity Strain gage technique Moire – methods Displacement, - velocity, - acceleration transducers Spectle interferometry Static holography Optical contour methods Dynamic holography 3D Photoelasticity (freesen technique) Fatigue tests: Cyclic load Service (real) load simulation	Linear, small element number FEM BEM Non-linear, great element number
Long		



Költségek összehasonlítása tekintetében *2.)

Resulting cost	Method of Measurement
 <p>Cheap</p> <p>Expensive</p>	Photoelastic coating Method
	Laser-Doppler Method
	Contact Stress Measurement
	Plane Photoelasticity
	Stresscoat
	Moire-Methods
	Strain gages technique
	Speckle-Interferometry
	Optical Contour Methods
	SD Photoelasticity
	Displacement, velocity, acceleration transducers
	Thermoelastic stress analysis
	Static Holography
	Fatigue tests for endurance limit determination (Cyclic loading conditions)
	Service load simulation for lifetime prediction
Dynamic Holography	

*2) H. Marwitz, Daimler Benz, Messen, Prüfen, Automatisieren, 1989, April (MB 200 széria)

A kísérleti és számítási eljárások szerepe a szerkezetek feszültséganalízisében

A számítógépek processzorainak sebessége töretlenül növekszik. A szimuláció területén eddig sosem képzelt területekre jutottunk, úgymint virtuális prototípus gyártás, virtuális gyártás, virtuális szerszámozás.

A 90-es évek elején úgy tűnt, a számítási és számítógépes modellezési módszerek fejlődése a szerkezetek feszültséganalízise területén szükségtelenné teszik a különböző mérési eljárások alkalmazását.

A számítógépes szoftverek fejlődésében hatalmas fejlődés figyelhető meg. A lineárisan elasztikus feladatok területeiről kilépve eljutottunk a plasztikus megnyúlások, nemlineáris geometriai kérdések kezeléséig, köszönhetően a különböző véges elemes módszerek fejlődésének.

Mindezen várakozások ellenére a különböző mérési eljárások nem vesztek annyit jelentőségükből, mint azt egyes szakértők előre jelezték:

A feszültségeloszlások számítási úton történő meghatározásához a vizsgált alkatrészek *végeselemesítésére* volt szükség. Ez a feladat sokszor eltereli az operátor figyelmét a szerkezet mechanikai kérdéseiről,

A számítógépes programokat többnyire olyan szakértők írják, akik a kérdéses feladat *mechanikai és matematikai kérdéseivel nincsenek teljes egészében tisztában*. Ennek következtében az alkalmazott elemtípus és megoldás nem mindig illeszthető a vizsgált problémára, különösen igaz mindez érintkezési kérdések vizsgálatánál,

A bonyolult, alakos felszínű szerkezetek magas elemszámú FEM hálózatot igényelnek. Ilyen esetekben a *szükséges számítási idő az elemszám növekedésével jelentősen emelkedik,*

A feltételezett feszültségcsúcsok – nagy *feszültség-gradiensű* helyek - területén a hálózat sűrítése szükséges, ami szintén az elemszám növekedését eredményezi. Mindez a számítások idejét, költségét jelentősen megemeli,

A futási idő, költségek, pontosság területén kompromisszum meghozatala látszik szükségesnek. A számítási eljárások ez-ideig gyenge pontjai a komplikált felszínű szerkezetek, helyi feszültségcsúcsokkal tarkított területei.

Néhány szempont a kísérleti módszer kiválasztásához

Ciklikus igénybevételnek alávetett, helyi (lokális) feszültségkoncentrációs helyekkel rendelkező szerkezeti elemek nyúlás, és feszültségeloszlásainak meghatározása,

Anyaghibák, inhomogenitási kérdések (azok helyének, méretének felderítése) valós szerkezetek esetén nem hagyhatók figyelmen kívül.

Ezek az esetek számítógépek számára (bemenő adatok, peremfeltételek) nem minden esetben (ha egyáltalán...) írhatók le. Tényleges szerkezeteknél előforduló esetek a kísérleti eljárások alkalmazásának szükségességét hangsúlyozzák.

Szerkezetekre ható külső terhek, a szerkezetek merevségi kérdéseinek tisztázása a mérési eljárások egyik leggyakrabban alkalmazott területe,

A megfelelő eljárás kiválasztásánál a költségek, a mérési eljárás reakció ideje meghatározó tényezők,

A kiválasztott módszert a tervezési folyamat lehetőség szerinti legkorábbi szakaszában célszerű alkalmazni, tekintettel a megvalósítás későbbi fázisaiban jelentkező tetemes többletköltségekre („olyan korán, amennyire csak lehetséges” elv alkalmazása).

Utalva tehát a számítási és mérési eljárások alkalmazástechnikai területei között mutatkozó versenyre, a válasz az alábbiakban fogalmazható:

Mind a számítási (modellezési), mind a mérési eljárások saját területükön megfelelően alkalmazva a tervezési folyamat nélkülözhetetlen elemei.

Kiegészítik egymást, hibrid eljárásként történő párhuzamos használatuk biztosítja a **felhasználói igényeknek megfelelő termék** megvalósítását.