



Experimentální Analýza Napětí 2001

Experimental Stress Analysis 2001

39th International Conference

June 4 - 6 , 2001 Tábor, Czech Republic

COMPUTER CONTROL OF FPZ 100 TESTING MACHINE AND ITS APPLICATION FOR BASIC MATERIAL TESTS

POČÍTAČOVÉ ŘÍZENÍ STROJE FPZ 100 A JEHO VYUŽITÍ PRO ZÁKLADNÍ MATERIÁLOVÉ ZKOUŠKY

Karel Doubrava, Stanislav Hendrych, Milan Růžička

In this paper is described way of efficient modernisation of FPZ 100 universal testing machine. New control measuring and data processing software was developed for control and collection of loading parameters and external gauge data during experiment. Test machine was upgraded by extensometer, digital slide gauge, electric furnace, testing and fixing equipment for tests of metal, plastic, composite and biological materials. Examples of application of described machinery for solving practical problems are shown.

Klíčová slova: testing machines, computer control, materials tests

Úvod

Laboratoř pevnostních a únavových zkoušek Ústavu mechaniky strojní fakulty ČVUT v Praze byla budována v 60-tých letech a byla vybavena univerzálními tahovými stroji o rozsahu 100, 400, a 1000 kN. Průběžně docházelo k obnově, rekonstrukci a modernizaci zařízení. Součástí modernizace zkušebního parku v uplynulých pěti letech bylo dovybavování starších strojů elektronickými měřicími a řídicími systémy. Byl realizován sběr měřených dat pro stroj WPM 400 kN, pracuje se na rekonstrukci elektronického modulu únavového pulzátoru AMSLER 100 kN. Pro základní typy pevnostních zkoušek byl získán univerzální zkušební stroj HECKERT FPZ 100 kN, jehož úprava a současné možnosti budou podrobněji popsány. Síla je u tohoto stroje vyvozována mechanickým převodem s elektrickým pohonem a měření zatěžovací síly a prodloužení je uskutečněno elektrickými snímači veličin. Sada výměnných siloměrů (0,2 , 2, 10 a 100 kN) i snímačů prodloužení, dále velký rozsah rychlostí zatěžování, a vyměnitelné upínací přípravky umožňují zkoušení nejen klasických strojních materiálů ale i např. materiálů plastických, textilních či biologických.

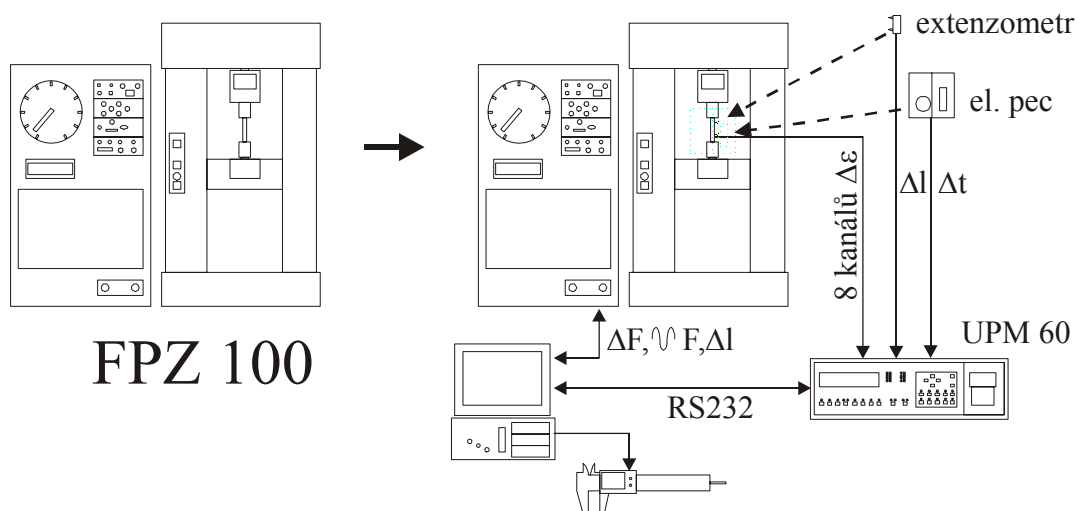
Popis modernizace

Při současné potřebě využití výpočetní techniky pro sběr a zpracování měřených veličin, vznikla potřeba efektivního doplnění stávajícího řídicího a měřicího systému stroje. Možnost připojení osobního počítače umožnila vytvořit aktivní řízení zatěžovacího stroje pomocí

¹ Ing. Karel Doubrava U205.1 FS ČVUT v Praze, Technická 4, Praha, doubrava@fsk211d.fsid.cvut.cz
Stanislav Hendrych SMAPS Opava, Jilovecká 151, 747 06 Opava
Doc. Ing. Milan Růžička Csc. U205.1 FS ČVUT v Praze, Technická 4, Praha, ruzicka@fsid.cvut.cz

tohoto počítače a sběr potřebných měřících veličin. Tím se stalo toto zařízení srovnatelné s novými avšak finančně daleko nákladnějšími zkušebními systémy.

Realizaci propojení zkušebního stroje a osobního počítače se ujala firma SMAPS Opava. Osobní počítač byl rozšířen o měřící kartu PCA 1408 (ADICOM Praha). Program pro řízení zatěžovacího stroje a ukládání dat byl vytvořen pomocí aplikačního software Control Panel firmy Moravské přístroje. Toto prostředí umožňuje snadnou úpravu zkušebního programu a jeho přizpůsobení pro potřeby uživatele.



obr. 1 Schéma modernizace stroje FPZ 100

V první fázi program umožňoval aktivní řízení režimu zatěžování, zatěžovací síly i s možností cyklického zatěžování. Z dat se zaznamenávala síla v závislosti na pohybu příčníku nebo externím přídavném extenzometru, který tvoří příslušenství stroje. V dalším kroku vyvstala potřeba zaznamenávat data z externího měřícího zařízení, např. deformace měřené pomocí tenzometrů. Měřící řetězec byl proto rozšířen o tenzometrickou ústřednu UPM 60 od firmy HBM. Tato ústředna nabízí možnost řízení pomocí osobního počítače přes sériové rozhraní RS 232. Vlastní program byl doplněn a přebírá kontrolu nad tenzometrickou ústřednou a zaznamenává poměrné deformace jednotlivých tenzometrů. Současná úprava programu umožňuje snímání 8 kanálů. Jedná se však pouze o omezení dané maximálním potřebným počtem měřených kanálů. Připojením tenzometrické ústředny se otevřely další možnosti, kdy se zaznamenávají data z vnějšího extenzometru, který je připojen přes ústřednu a možnost záznamu teploty při teplotně proměnných experimentech. Dalším rozšířením je připojení digitálního posuvného měřidla. To je připojeno k počítači a program zaznamenává naměřené rozměry zkušebních vzorků. Program přitom nabízí předdefinované základní tvary průřezů. Při zadání konkrétního typu průřezu se změří daný rozměr, čímž se zvýší komfort, ale i rychlost provedení tahové zkoušky. Je možné provést opakované měření daného rozměru a z těchto měření se určí průměrná hodnota, která se použije při vlastním vyhodnocování.

Vyvinutý program v sobě obsahuje i vyhodnocovací část základních typů mechanických zkoušek materiálu, kdy naměřená data je možné přímo zpracovat a na jejich základě určit materiálové charakteristiky zkoušených vzorků, podle ČSN-EN 10002-1. Naměřená data je možno rovněž exportovat a zpracovat v jiných vyhodnocovacích programech.

Příklady řešených aplikací

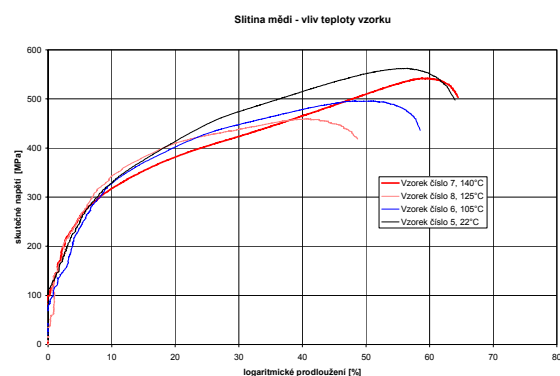
V následující části budou popsány některé aplikace prováděné pomocí tohoto pracoviště.

1. Zjišťování materiálových charakteristik materiálu používaných u komutátorů elektromotorů při jejich pracovní teplotě.

Požadovaná zkušební teplota zkoušek byla 140 °C. Pro zkoušky za zvýšených teplot byl proto zkušební stroj dovybaven elektrickou odporovou pecí fy Amsler. (s rozsahem 20-250 °C) a termočlávkovými teploměry. Pro výpočetní simulaci namáhání komutátorů motoru pomocí MKP při výpočtech pro velké deformace a v nelineární oblasti namáhání je potřebné znát matematický model skutečného tahového diagramu materiálu. Proto byla skutečná tahová křivka vzorku z měděné slitiny aproximována. obr.3 ukazuje porovnání tahových křivek pro různé teploty. Modelová křivka pro 140 °C se skládala z bilineárního úseku v oblasti malých poměrných prodloužení (do 0,32%) a z úseku v oblasti velkých prodloužení byla aproximována mocninovým vztahem. $\sigma = 10^{0,3159 \log \varepsilon + 2,8007}$



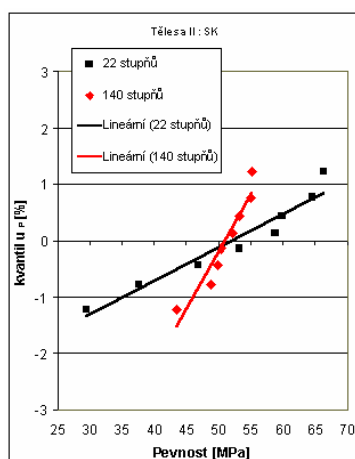
obr. 2 Univerzální zatěžovací stroj FPZ 100



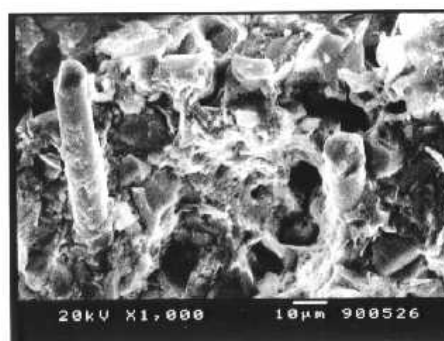
obr. 3 Vzájemné srovnání skutečných tahových diagramů slitiny mědi pro různé teploty zatěžování

V bilineární oblasti byly uvažovány následující moduly pružnosti:

$E = 113360$ MPa pro oblast $\varepsilon \leq 0,06\%$ a $E = 13303$ MPa pro oblast $0,06 \leq \varepsilon \leq 0,32\%$.



obr. 4 Graf středních pevností při různých teplotách



obr. 5 Snímek struktury lomové plochy pořízený elektronovým mikroskopem

Dále byly určovány materiálové hodnoty plastů užívaných na výrobu těles komutátorů. Dílčí výsledky pevnostních zkoušek a výsledky měření elastických konstant zkoušených materiálů jsou pro pracovní teplotu 140 °C uvedeny v tab. 1. Výsledná tabulka uvádí průměrné hodnoty z osmi zkoušených vzorků pro každý typ a teplotu.

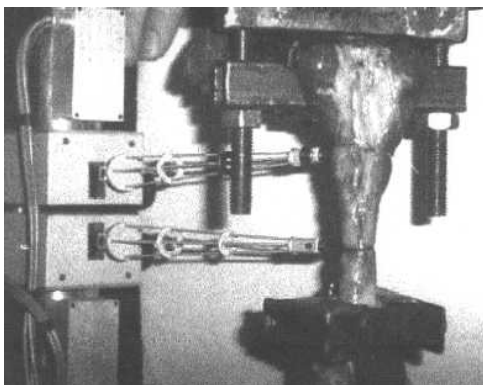
Materiál	Pevnost R_m [MPa]	směr. odch. [MPa]	E [MPa]	μ [1]
OXY	45	11.5	21771	0.29
SK	51	3.6	18307	0.3
VYNCOL	44	7.5	13491	0.34
slitina mědi	336	15.4	113360	0.33

tab. 1 Shrnutí výsledků materiálových zkoušek

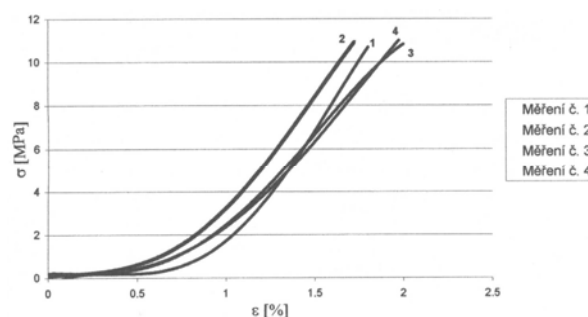
Výsledky ukazují, že zejména směrodatná odchylka pevnosti vzorků je vysoká, což svědčí o nestejných vlastnostech materiálu vzorků. Tento předpoklad byl potvrzen analýzou lomových ploch elektronovým mikroskopem, viz obr. 5. Na vzorcích z plastu byla nalezena řada poruch a trhlinek, které významně mohly ovlivňovat pevnost vzorků. Např. jak ukazuje obr. 4 byla u těles SK střední hodnota pevnosti za teploty 22 °C. a 140 °C přibližně stejná. Extrapolovaná hodnota pro $P=1\%$ je však výrazně nižší pro teploty 22 °C oproti 140 °C.

2. Měření biomechanických vlastností kolagenních tkání

Hlavním úkolem této práce bylo experimentální stanovení deformačních závislostí lidských šlach, zejména pak Achillovy šlachy (tendo calcaneus). Aby bylo možné navrhnout, alespoň z pevnostního hlediska, rovnocennou náhradu, je důležité mít komplexní informaci o chování celého systému při zatěžování. Měřicí zařízení není konstruováno přímo pro účely biomechanických zkoušek, a proto bylo nutné pro měření na Achillově šlaše vyrobit dva druhy speciálních přípravků pro tyto účely. V základní výbavě měřicího zařízení je několik typů diferenčních snímačů, kdy pro měření se ukázal nejvhodnější Typ I.



obr. 6 Detail měření biomechanických vlastností Achillovy šlachy



obr. 7 Graf napět'ově deformační závislosti u různých vzorků Achillovy šlachy

Biologické vzorky byly zkoušeny dynamicky, kdy se měřila síla potřebná k odtržení Achillovy šlachy od patní kosti, a staticky pro určení napět'ově deformační závislosti. V následujících obrázcích obr.6 a 7 je ukázáno uspořádání zkoušky v trhačím stroji a výsledky určených konstitutivních závislostí mezi poměrným prodloužením a napětím pro měřené vzorky Achillovy šlachy. Tyto charakteristiky poslouží pro numerické modelování namáhání pomocí MKP.

Literatura:

- [1] Michalec, J. – Růžicka, M. – Švehla, V. — Doubrava, K.: Mechanické zkoušky materiálů komutátorů. [Č.S.2051/2000/14]. Praha, U 205.1 FS ČVUT v Praze 2000
- [2] Deliř, M.: Měření a numerické modelování biochemických vlastností kolagenních tkání. [Diplomová práce]. Praha 2000 – ČVUT v Praze FS

Tento úkol byl řešen s přispěním výzkumného záměru J04/98/ 21220008: Rozvoj metod a prostředků integrovaného strojního inženýrství