

ZÁKLADNÍ PŘÍSTROJE PRO NEDESTRUKTIVNÍ ZKOUŠENÍ

BASIC EQUIPMENT FOR NON - DESTRUCTIVE TESTING

Ing. Jaroslav Mikula

Technický a zkušební ústav stavební Praha, s. p.; Pobočka Technicko inženýrské služby
Prosecká 811/76a, 190 00 Praha 9 – Prosek
Tel.,fax: +420 286 886 728, e-mail: mikula@tzus.cz, www.tzus.eu

Klíčová slova: nedestruktivní zkoušení, tvrdoměr, koroze výztuže, indikátor výztuže, přídržnost, permeabilita, vlhkoměr

Keywords: non-destructive testing, hardness tester, reinforcement corrosion, indicator of reinforcement, adhesion, permeability, moisture meter

Anotace: Na průřezu výrobním sortimentem švýcarské firmy PROCEQ SA, která již v roce 1954 začala vyrábět přístroj na zkoušení betonu – tvrdoměr orig. SCHMIDT, je možno prezentovat sortiment všech základních přístrojů pro nedestruktivní zkoušení ve stavebnictví, které jsou hojně používány prakticky po celém světě.

Abstract: Wide range of products provided by Swiss company PROCEQ SA, which brought on the market first instrument for testing of concrete – hardness tester original SCHMIDT, now covers all equipments for non-destructive testing in construction sector, which are broadly used round the world.

1. KONTROLA KVALITY BETONU TVRDOMĚRNÝM Kladívkem

Tvrdoměrné kladívko orig. **SCHMIDT** slouží k nedestruktivnímu zkoušení kvality betonu na hotových stavbách. Od té doby, co firma PROCEQ SA vyvinula tuto metodu měření tvrdosti betonu v konstrukci, stala se velice rychle nejrozšířenější na celém světě, v ČR se používá již od 60-tých let.

Princip měření: definovanou energií naráží rázový člen kolmo na povrch očištěného betonu. Energií odpovídající tvrdosti betonu se odrazí úderník nazpátek. Hodnota odrazu se odečte a v převodních tabulkách či diagramu se najde odpovídající pevnost v tlaku.

Klasické tvrdoměry pro běžné betony jsou dodávány pod označením **N / L** (model L má cca třetinovou rázovou energii pro zkoušení tenkostěnných prvků se silou stěny pod 100 mm, umělého kamene apod.). Registrační modifikace **NR / LR** pomocí záznamu každé naměřené hodnoty na vloženou roli registračního papíru umožňuje zachování naměřených dat, příp. jejich dokladování do protokolů, archivování, apod.. Elektronické provedení **DIGI-SCHMIDT ND/LD** má výstup pro připojení k PC i tiskárně a má zabudováno mnoho přídavných funkcí - např. automatickou korekci zemské přitažlivosti podle směru rázu, komunikaci v češtině, možnost zavedení křivek speciálních betonů a pod. (všechny tyto tvrdoměry mají kalibrovaný rozsah měření 10 – 70 N/mm²); v současné době jsou již hojně rozšířeny i nové elektronické modely **SILVER SCHMIDT ST N / ST L** a **PC N / PC L** s výrazně vyšším komfortem obsluhy. Tyto modely mají kalibrovaný rozsah měření 10-100 N/mm². K modelu **PC L** je navíc možno pořídit speciální úderník s tzv. hříbovitou hlavou, díky kterému lze ho použít i pro měření na betonech s nižší tvrdostí (pevností) v rozsahu od 5 do 30 N/mm².

Modely L/LR se úspěšně používají i při kontrolních měřeních v papírenském průmyslu na rolích fólií i papíru, přestože pro tento specifický účel použití jsou vyráběny speciální měřicí přístroje (viz kapitola 4.)

Normy: ČSN EN 12504-2; ISO/DIS 8045; ENV 206; DIN 1048, část 2; NFP 18-417; BS 1881, část 202; ASTM C 805; ASTM D 5873 (+pův. ČSN 73 1373; ČSN 73 2011) a další.



Obr. 1 Tvrdoměr DIGI-SCHMIDT 2000



Obr. 2 Kladívko orig. SCHMIDT NR



Obr. 3 Kladívko SILVER SCHMIDT



Obr. 4 Kovadlina původní / EURO

Jen pro doplnění - oproti původním ČSN norma ČSN EN 12504-2 obsahuje tři základní změny – jednak uznává pouze používání kalibrační kovadliny s větší tvrdostí i velikostí než dosud používané (dodávají se pod názvem **EURO kovadliny**); jednak má zakotven požadavek na kontrolní měření na kovadlině před a po každé sérii měření; třetí změna se pak týká otázky vyhodnocení - podle anglického originálu se vyhodnocení provádí na základě výpočtu mediánu, nikoliv jak je omylem uvedeno v české překladu – na základě výpočtu střední hodnoty z naměřených hodnot tak, jako tomu bylo dle ČSN.

Vzhledem ke skutečně masovému používání této metody pro základní stanovení kvality betonu, možnosti odbedňování, apod., je třeba klást stále vyšší požadavky na odbornost pracovníků, kteří s těmito přístroji měří a provádějí vyhodnocování naměřených hodnot. V ČR TZÚS Praha, s. p. ve spolupráci s certifikačním orgánem pro odbornou způsobilost pracovníků v oblasti metrologie a zkoušení č. 3008 při ČMS organizuje každoročně kvalifikační kurzy s osobní certifikací, která je plně uznávána např. při certifikaci managementu firmy, akreditaci zkušební laboratoře, apod. Přínosem je též postupné sjednocování postupů měření a vyhodnocování, ale hlavně - uživatelé jsou schopni zodpovědně stanovit základní aspekt – na jakém typu konstrukce lze vůbec zkoušení tvrdoměrným kladívkem aplikovat. Vlastní tvrdoměrná kladívka ve všech modifikacích se v ČR kalibrují v akreditované kalibrační laboratoři při TZÚS Praha, s.p., pobočka TIS v Praze s českým etalonem kovadliny metrologicky navázaným na základní švýcarský etalon, na Slovensku pak v TSÚS v Bratislavě, který má metrologicky navázanou etalonovou kovadlinu na etalon v TZÚS Praha, s.p..

2. OD BETONU KE KOVU ...

Základní princip funkce tvrdoměrných kladívek vedl k vyvinutí tvrdoměru na kovy (ocel, litina, měď, hliník, slitiny, atd.). Tak vznikl elektronický tvrdoměr na kovy **EQUOTIP**. Jedná se o přenosný elektronický přístroj s výměnnými tzv. rázovými přístroji podle druhu materiálu pro tvrdosti až do cca 1200 HV. Podle převodních křivek instalovaných ve vnitřním software

indikačního přístroje lze nastavit odečet přímo v hodnotách HV, HB, HRB, HRC, HRA, HS. Pomocí tohoto přístroje se zkouší tvrdost jak přímo ve výrobě, tak i v místě instalace a použití. Přístroj je vyráběn v různých modifikacích, donedávna hojně rozšířený model **EQUOTIP 2** byl nahrazen modernějším modelem **EQUOTIP 3** s výrazně vyšším komfortem, s možností připojení k PC i vložení vlastních převodů pro specifické slitiny, apod. V případě potřeby lze pomocí převodních propojovacích kabelů použít jak funkční rázové přístroje modelu EQUOTIP 2 k indikačnímu přístroji EQUOTIP 3, tak naopak k dosud funkčnímu indikačnímu přístroji EQUOTIP 2 lze pořídit nové rázové přístroje EQUOTIP 3, čímž při postupném dosloužení jednotlivých prvků je možno výhodně a levněji zajistit průběžnou funkci měření tvrdosti.



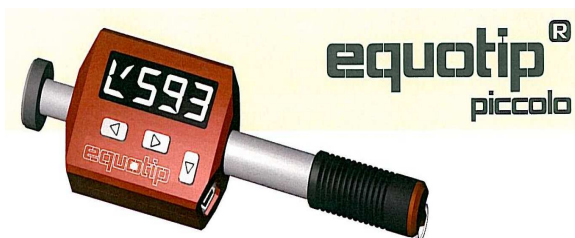
Obr. 5 EQUOTIP 2



Obr. 6 EQUOTIP 3

Stručně další modely:

Kapesní bateriový tvrdoměr na kovy **EQUOTIP PICCOLO 2** - princip měření je stejný jako u tvrdoměru EQUOTIP; jedná se o plně integrovaný kapesní měřicí přístroj, přes USB možnost jak dobíjení, tak přenos dat do PC. Zobrazení hodnot tvrdosti ve všech běžných jednotkách. Pomocí sw PICCOLINK lze provádět systematickou okamžitou kontrolu tvrdosti, automatizované měření v sériové výrobě, přenos a zpracování naměřených dat v PC, nastavování pomocí dálkového ovládání z PC; měření s vysokou přesností (± 4 HL). **EQUOTIP BAMBINO 2** - jedná se o plně integrovaný kapesní měřicí přístroj se stejnými funkcemi jako má model PICCOLO, přes USB možnost dobíjení; v případě potřeby pomocí jednoduchého upgrade lze získat i adekvátní připojení a komunikaci s PC jako u modelu PICCOLO.



Obr. 7 EQUOTIP PICCOLO (BAMBINO)



Obr. 8 EQUOPEN

Tužkový tvrdoměr na kovy **EQUOPEN** - kapesní bateriový přístroj velikosti propisovací tužky výhodně aplikovatelný pro rychlou a přesnou kontrolu tvrdosti kovových výrobků z materiálů na bázi železa (ocel, ocelolitina, nástrojová a antikorozivní ocel) ve výrobě, při přejímce a pod. Naměřená hodnota tvrdosti se zobrazí na displeji v horní části přístroje v jednotkách HRC. Rozsah měřené tvrdosti ... 20 – 70 HRC; přesnost měření ... ± 1 HRC. Tvrdoměr na kovy **EQUOSTAT** - měření je založeno na principu statického měření (Rockwell) a je dimenzováno speciálně pro měření tvrdosti malých prvků (tenké nebo tence povrstvené díly, plechy, kolíky, trubky nebo drobné válcované vzorky). Přístroj doplňuje tvrdoměr EQUOTIP používaný převážně pro masivnější a kompaktní výrobky a dílce,

protože lehké a tenké prvky je nutno vázací pastou pevně přitisknout k velmi tuhé podložce, jinak se mohou posunout nebo pružit.

Normy: DIN 50156, ASTM A 956; ISO 18265, CNAL T0299 a další.



Obr. 9 Ultrazvukový přístroj ZONOTYP

Ultrazvukový přístroj pro měření tloušťky kovových materiálů **ZONOTIP**

Novinka ve výrobním sortimentu firmy PROCEQ SA. Velmi přesný kapesní přístroj pro nedestruktivní měření tloušťky stěny kovových výrobků a dílců jak magnetických, tak nemagnetických.

Normy: EN 15317, ASTM E 797

3. ZPĚT K BETONU ...

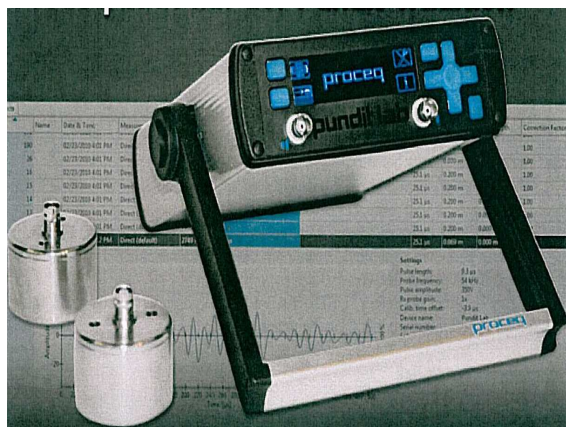
Přístroj na měření přídržnosti **DYNA**

Princip měření: na povrch vrstvy, jejíž přídržnost je měřena, se přilepí vhodným lepidlem (nesmí reagovat s materiálem vrstvy, ani do ní vzlínat) ve stanovené vzdálenosti zkušební terče (materiál se okolo terče obřízne) a následně se postupně na jednotlivé terče upevní pomocí tažného čepu přístroj DYNA, přístroj se pomocí stavitelných nožiček nastaví kolmo ke zkoušenému povrchu a plynulým pomalým zatěžováním se zjišťuje jak hodnota přídržnosti, tak způsob odtržení od základového betonu. Uvedená zkouška se provádí jak na laboratorních vzorcích, tak přímo na stavbě. DYNA se dodává jak v mechanické, tak elektronické modifikaci.

Normy: ČSN 73 1318 (ISO 4013) – ČSN EN 12350-5, ČSN EN 12390-9; ČSN 72 2451, 73 2577, 73 1374; EN 1015-12; EN 1348; ISO 4624; DIN 1048, část 2; BS 1881, část 207; ASTM C 1583; ASTM D 4541; atd.



Obr. 9 Přístroj na měření přídržnosti DYNA



Obr. 10 Ultrazvukový přístroj PUNDIT LAB

Ultrazvukový přístroj **PUNDIT LAB**

Princip měření: rychlost zvuku při průchodu materiálem je závislá na jeho hustotě a elastických vlastnostech. Tak lze získat o betonové konstrukci nebo dílci informace o: stejnoměrnosti zhutnění; trhlinách, dutinách, poškození mrazem nebo ohněm; modul elasticity; pevnost betonu. Tyto vlastnosti pak mají přímou závislost na kvalitě výrobku a pevnosti materiálu. Základní funkce měřicího přístroje – zobrazení doby průběhu uz impulsů (0,1 – 9999 μ s), délky dráhy, povrchové rychlosti i rychlosti pulzů a měření velikosti trhlin byly nově doplněny o další funkce, jako je upřesněná kombinovaná metoda měření pevnosti v tlaku (tzv. SonReb) s využitím hodnot naměřených tvrdoměrem orig. SCHMIDT (SILVER SCHMIDT), zabudovaný integrovaný zesilovač při použití exponenciálních sond či delších kabelů, značení každého měření datem a časem, možnost zobrazení výsledků uložených v paměti přímo na displeji přístroje bez nutnosti připojení k PC.

K přístroji lze pořídit více druhů ultrazvukových sond s frekvencí podélného vlnění 24 / 54 / 150 / 250 / 500 kHz, sadu exponenciálních sond 2x54 kHz, příp. sadu 2x250 kHz s příčnými vlnami. Součástí dodávky přístroje je též software, pomocí kterého lze provádět vizualizaci a analýzu tvaru vln, zobrazit SonReb křivku, on-line sběr dat a další funkce.

Uvedený přístroj navazuje na tradiční vžitou značku PUNDIT a plně nahrazuje původní přístroj TICO.

Normy: EN 12504-4; ISO 1920-7; ASTM C 597-02; BS 1881, část 203 (ČSN 73 1371), atd.

Permeability tester **TORRENT**

Princip měření: základními prvky pro měření metodou TORRENT jsou dvoukomorová vakuová buňka a regulátor tlaku, které obstarávají proudění vzduchu do vnitřní komory směřované kolmo k povrchu. Přístroj byl vyvinut skupinou inženýrů managementu Holderbank v návaznosti na známý fakt, že kvalita betonu je odvislá od množství vody přidané do směsi, neboť voda při výstupu z betonu zanechává ve vnitřním průřezu dutiny, resp. vzduchové bubliny. Na základě tohoto měření lze podle jednoduchého teoretického modelu vypočítat koeficient permeability k_T a hloubku proniknutí vakua L . Třída kvality překryvného betonu se pak stanoví dle hodnoty k_T z tabulky sestavené na základě dlouhodobých porovnávacích měření, kde je uvedeno 5 kvalitativních tříd betonu - od velmi dobré až po katastrofální. U vlhkého betonu je nutno zahrnout i vliv elektrického odporu betonu p (ró). Třída betonu se pak stanovuje z nomogramu. Permeabilita (propustnost) betonu na povrchu byla uznána jako hlavní faktor, který určuje trvanlivost stavebního prvku. Uvedená zkouška je významná pro stanovení kvality betonu.

Norma: SN 505 252/1, příloha E



Obr. 11 Permeability tester TORRENT



Obr. 12 Analyzátor koroze výztuže CANIN

Analyzátor koroze výztuže **CANIN**

Princip měření: Koroze oceli v betonu je elektrochemický proces. Vytváří se galvanický článek, který lze na povrchu měřit jako elektrické pole. Toto potenciální pole se měří pomocí elektrody obsahující síran měďnatý, tzv. poločlánek. Plošným měřením se rozlišují korodující a nekorodující místa. Tato metoda je např. v USA známa již více než 30 let a úspěšně se aplikuje v praxi. Jejím použitím se stanoví rozsah (příp. i stupeň napadení) koroze ve

stavebních dílcích, resp. železobetonové konstrukci. V paměti přístroje lze uložit až 5 800 měření, které lze zobrazit jak na displeji indikačního přístroje, tak na PC (resp. vytisknout) v milivoltech, odstínech šedi nebo i barvách. Systém měření umožňuje použití od jedné tyčové nebo kolečkové až do čtyř spřažených kolečkových elektrod podle charakteru a rozsahu měřené plochy. Tato metoda výrazně zrychluje a zlevňuje prováděný průzkum, neboť není třeba odstraňovat beton okolo celé výztuže, pouze podle získaných výsledků stačí provést potřebné opravy v místech zjištěného napadení koroze.

Normy: DGZ fP B3; SIA 2006; BS 1881, část 201; ASTM C 876; UNI 10170

Měřič odporu **RESIPOD**

RESIPOD je plně integrovaná 4-bodová WENNER sonda pro měření specifického povrchového elektrického odporu v betonu. Aplikace: odhad pravděpodobnosti koroze a její rychlosti, korelace difusní propustnosti chloridů, in-situ ověřování účinnosti ošetřování, stanovení zón katodické ochrany, stanovení vlhkých a suchých oblastí v betonové konstrukci, identifikace oblastí v betonové konstrukci náchylných k pronikání chloridů, korelace k počáteční pevnosti v tlaku či na propustnost vody kamenem, apod.

Normy: odpovídá návrhu normy AASHTO pro zkoušení specifického povrchového elektrického odporu pro odhad propustnosti zatvrdlého betonu



Obr. 13 Vlhkoměr HYGROPIN



Obr. 14 Měřič odporu RESIPOD

Vlhkoměr **HYGROPIN**

Přístroj se skládá z indikačního přístroje, ke kterému jsou dodávány 2 sondy – pro měření vlhkosti pod povrchem betonu (sonda má průměr pouze 5 mm – lze použít i pro průběžná měření, kdy lze např. již při betonování desky do ní vložit měrné kolíky \varnothing 8 mm a vkládáním sondy registrovat změny vlhkosti) a sondy pro měření vlhkosti okolí. V závislosti na nastavení ukazuje datum, čas, vlhkost v betonu, relativní vlhkost, teplotu i vypočtené psychrometrické parametry včetně indikace trendu naměřených hodnot každého parametru. Při dlouhodobém měření naměřené hodnoty může automaticky zaznamenávat dle nastavení v intervalech od 5 sekund do 1 hodiny. Rozsahy měření : 0 až 100% RH a -40 až $+85^{\circ}\text{C}$

Normy: EN 61000-6-1/6-2/6-3/6-4; CE/EMC; ASTM F2170; EMC směrnice 2004/108/ES

Indikátor výztuže **PROFOMETER 5**

Princip měření: přístroj pracuje na principu nedestruktivní pulsní indukce, čímž je výrazně odolný vůči vnějším vlivům. Používá se pro lokalizaci prutů výztuže v betonové konstrukci (po odstínění 1. vrstvy lze lokalizovat i pruty 2. vrstvy), zjišťování výšky překrytí vč. indikace nastaveného kritického překrytí i určování průměrů prutů použité výztuže.

Tento přístroj má mnohaletou tradici, v současné době je dodáván pod označením 5 ve dvou modelech – základní „S“, kde oproti předchozím typům lze jednou (univerzální) sondou stanovit lokalizaci prutů výztuže v konstrukci, výšku krytí betonem (lze např. přímo nastavit mezní hodnotu krytí a akustickým signálem přístroj sám upozorní na místo nedostatečného krytí) i skutečný průměr prutů s přesností o cca 50% vyšší, než stanovuje norma BS 1881, část 204 a který naměřené hodnoty ukládá do paměti, příp. do PC a provádí jejich statistické vyhodnocení a „SCANLOG“, který je identický s modelem S, obsahuje však další vybavení:

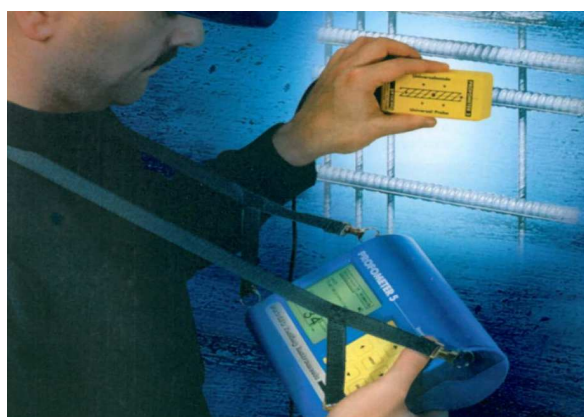
- funkci „CyberScan“ k zobrazení výztužných prutů na displeji (na displeji se pak přímo mohou zobrazit pruty kolmo na sebe orientovaných vrstev výztuže s udáním výšek překrytí)
- funkci „Měření s rastrem“ pro zobrazení krytí betonem v odstínech šedi
- měřič dráhy „ScanCar“ s integrovaným měřením dráhy pohybu sondy pro skenování v odstínech šedi, integrovaným měřením dráhy pro skenování, atp.

Normy: DIN 1045; SN 505 262; BS 1881, část 204; DGZfP B2

Indikátor výztuže **PROFOSCOPE**

Princip měření: stejný jako u přístroje PROFOMETER 5. Jedná se o kapesní přístroj, který má zachovány všechny funkce jako PROFOMETER 5. Snadné ovládání dvěma tlačítky, ergonomické provedení, celkově snadná manipulace a nízká hmotnost předurčují tento indikátor výztuže pro plné uplatnění při operativním a přitom přesném vyhledávání a kontrole uložení výztuží v konstrukcích in situ. Modifikace PROFOSCOPE + navíc umožňuje pomocí USB kabelu přenos dat a další zpracování vč. archivace v PC.

Normy: DIN 1045; SN 505 262; BS 1881, část 204; DGZfP B2



Obr. 15 Indikátor výztuže PROFOMETER 5 Obr. 16 Indikátor výztuže PROFOSCOPE

4. A PRO DOPLNĚNÍ ...

Přístroje na zkoušení rolí **PAROTESTER; PAPER SCHMIDT**

Princip měření: stejný jako u tvrdoměrného kladívka orig. SCHMIDT. Přístroje jak svým provedením, tak softwarem jsou přizpůsobeny pro měření na rolích papíru nebo fólií. Do sw si uživatel může zadat optimální parametry měřeného materiálu a dle toho vyhodnotit skutečnou kvalitu návinu apod. PAPER SCHMIDT je nověji vyvinutý mobilnější přístroj s vnitřní elektronikou a možností připojení k PC pomocí USB kabelu.

Normy: TAPPI T 834 om-07, splňuje i požadavky normy TAPPI TIP 1004-01



Obr. 17 PAROTESTER

Obr. 18 PAPER SCHMIDT

5. ZÁVĚR

Tento příspěvek na výrobním sortimentu renomované švýcarské firmy PROCEQ, která má v ČR již mnohaletou tradici, shrnuje v praxi nejčastěji používané přístroje pro nedestruktivní měření a zkoušení. Obdobné typy přístrojů mají ve svém sortimentu i další výrobci, kteří se též uplatňují na našem trhu – viz např. přístroje na měření přídržnosti, apod.. Výběr (nepočítaje např. různé indikátory výztuže, které kromě profesionálního provedení značkových firem nabízejí i prodejní řetězce) je na trhu i v sortimentu tvrdoměrných kladívek typu SCHMIDT, které po vypršení platnosti patentové ochrany podané firmou PROCEQ, mnoho firem jak v Evropě, tak např. v Asii, okopírovalo a dodává je i v nižších cenových relacích (zpravidla díky použitému materiálu a tím i rozdílné kvalitě - což potvrzuje i sortiment zakázek v servisním středisku a akreditované kalibrační laboratoři).