

Jak na odtrhové zkoušky

Firma COMING® Plus, a. s., se problematikou odtrhových zkoušek zabývá již více než dvacet let. Za tu dobu se jí nejen podařilo proniknout do technické podstaty zkoušky, odhalit všechna její úskalí, ale i vyvinout ucelenou řadu sofistikovaných zařízení pro provádění těchto zkoušek (COMTEST OP), stojících dnes na špičce obdobných komerčních produktů.

Účel a podstata odtrhové zkoušky

Účelem odtrhové zkoušky (jak se výstižně a krátce nazývá téměř ve všech světových jazycích – např. anglicky pull-out test či tear-off test) je zjištění nejslabší součásti povrchových vrstev (a to v laboratoři i na stavbě), konkrétně:

- pevnosti jednotlivých vrstev nad vývrtem (respektive nad hloubkou vývrtnu);
- soudržnosti (přilnavosti, přidrženosti) jednotlivých vrstev nad vývrtem vzájemně a k podkladu.

Podstata zkoušky spočívá ve zjištění velikosti tahové síly, kolmé ke zkoušenému povrchu a rovnoměrně rozdělené po ploše přilepeného zkušebního terče, potřebné k odtržení jednotlivých vrstev systému od sebe (adhezní pevnost) nebo k přetržení některé součásti systému včetně podkladu (kohezní pevnost) na ploše přesně definované předem provedeným vývrtem (návrtem). Zkouška udává tyto vlastnosti systému do hloubky odpovídající hloubce vývrtnu. Zkouškou tedy zjistit pevnost podkladu (nebo také přiměřenost jeho úpravy k následným operacím), pevnost jednotlivých ochranných vrstev a jejich vzájemnou vazbu.

Postup zkoušky

Na určených místech se provede vývrt jádrovým vrtákem do hloubky alespoň 5 mm pod úroveň první připojené vrstvy (kromě ocelových podkladů, kde se vývrt provádí pouze přes připojené vrstvy). Pokud bylo prováděno mokré vrtání, vysuší se důkladně povrch i řez např. teplovzdušnou pistolí, avšak s teplotou nenarušující žádnou z přítomných vrstev. Na vysušený a očištěný povrch se na celou odvrtnou plochu přilepí vhodným lepidlem zkušební terč. Po zatvrdnutí lepidla se připojí k terči zatěžovací jednotka zkušebního zařízení a k němu elektronická jednotka měřící, řídicí a zobrazovací (měření mechanické, např. hodinovými indikátory, je nepřesné a dnes zřídka použitelné). Zatěžování se provádí buď ručně, nebo elektricky (hydraulické pohony jsou sice také

vede podrobný záznam, v němž se kromě popisu zkoušeného souvrství uvedou všechny podstatné okolnosti zkoušky včetně způsobu porušení (kohezní, adhezní, kombinované).

Pár slov o předpisech

Při návrhu zkušebních zařízení COMTEST OP a později při jejich prodeji a zpětné odezvě z praxe se projevila ohromná nejednotnost různých ustanovení v jednotlivých normách o této zkoušce a řada ustanovení, postrádajících jakýkoli objektivní, racionální, technický nebo vědecký základ. Často jsou ustanovení tvořena zvyklostí nebo subjektivním pocitem tvůrce normy, často nekritickým přebíráním ustanovení zahraničních (bohužel ne vždy dokonalých) norem, někdy dokonce zřejmou neznalostí problematiky. Ukázalo se také, že většina experimentátorů je jen velmi povrchně seznámena s principy těchto zkoušek a drží se (nejspíš právě proto) úzkostlivě předepsaných ustanovení. O odtrhových zkouškách pojednává u nás, pokud víme, devět norem, z toho dokonce dvě evropské normy (EN), a různá, i ta nejzákladnější, ustanovení se výrazně navzájem liší nebo prostě chybí. Jiná ustanovení jsou naproti tomu zbytečná a experimentátora neúčelně svazují.

Některá ustanovení důležitá pro odtrhovou zkoušku:

K řádnému vyhodnocení zkoušky je třeba mít přesně definovanou plochu, na kterou působí zkušební zatížení. Proto je zcela nezbytné, aby před zkouškou byl vždy předepsán návrh stejného průměru jako používané zkušební terče, a to do patřičné hloubky pod poslední kontaktní spáru adhezního charakteru. Provedení takového návrtnu se neobejde bez speciálního zařízení; vývrtem „z ruky“ nelze ve většině případů požadovanou přesnost vývrtnu dosáhnout. Tuto základní podmínku nezahrnuje ve svých předpisech žádná z devíti zmíněných norem.

Velikost kruhových terčů je většinou volena v různých normách náhodně, pocitově, bez ja-

víti normách se objevuje osm různých průměrů, striktně předepsaných, takže neznalý experimentátor či kontrolní osoba vyžaduje přesně předepsanou hodnotu, ačkoli jiný průměr (třeba i o několik milimetrů) musí dát výsledky stejné, v řadě případů dokonce i objektivnější. Průměry kruhových terčů by měly vycházet z určité logické a smysluplné řady a ze stejných obecných principů, lišící se jen podle zkoušeného materiálu. Jejich striktní předpis pro určitý materiál nebo systém je zbytečný, stačí předepsat pouze meze, nebo spíše jen spodní mez průměru.

Čtvercové nebo dokonce obdélníkové terče lze připustit jen výjimečně jako nestandardní, pro předběžné nebo hrubě informativní zkoušky (a to i mají-li stejnou plochu jako terče kruhové), neboť stavy napjatosti ve zkoušeném materiálu jsou v obou případech značně odlišné.

Nejdůležitější u terčů není průměr, ale jejich tuhost. Terč v rozsahu předpokládaného zatížení se nesmí nadměrně deformovat, neboť potom zatěžování po jeho ploše by nebylo rovnoměrné, přičemž právě rovnoměrnost zatížení je předpokladem objektivnosti zkoušky. Některé z norem stanovují tloušťku terče, některé se zmiňují (i když vesměs velice vágně) o materiálu terče, nikoho ale netrápí **tuhost** terče, která je závislá nejen na modulu pružnosti materiálu, z něhož je zhotoven (lineárně), na jeho tloušťce (ve třetí mocnině), ale také na celém uspořádání přenosu síly (proměna průřezu, průměr zesílení s tím spojený) atd. Nalézáme pak v normách takové absurdity, jako že je sice určena tloušťka terče (šest různých tloušťek), ale nikoliv materiál, z něhož je zhotoven (pouze ve dvou normách nalezneme popis materiálu), nebo tloušťka terče je předepsána vysokým podílem z průměru (např. 1/5).

Terče musí být samozřejmě opatřeny vhodným úchytem pro připojení ke zkušebnímu zařízení, anachronismem je, předepisuje-li norma, jak má být takový úchyt konstruován.

Povrch terče musí být vhodným způsobem upraven k zajištění dokonalého přilepení a lepidlo musí být ke zkoušenému povrchu inertní. To „nezajímá“ prakticky žádnou ze zmíněných norem.

Z uvedeného je patrné, že ustanovení norem o odtrhových zkouškách by mělo být maximálně sjednoceno s tím, že předpis by měl obsahovat:

- povinnost návrtnu do patřičné hloubky (která může, ale nemusí být předepsána a bude rozličná pro různé materiály a systémy);
- pro objektivní zkoušky připustit pouze kruhové zkušební terče;

- velikost kruhových terčů (liší se podle druhu materiálu a systému, respektive jejich pevnosti) a to pouze v řadě 25, 50, 75, 100, 125,

průměry terčů. Užití větších terčů je ve všech případech výhodné, získané výsledky jsou přesnější a rozhoduje především kapacita použitého zatěžovacího zařízení.

Podmínky pro dostatečnou tuhost kruhových terčů, aby se vyloučilo ovlivnění výsledku deformací terče (Nemá smyslu předepisovat pouze tloušťku terče; předpis by musel obsahovat nejen přesný popis tvaru terče, ale i přesný popis materiálu. Stejně tak nemá smyslu definovat materiál pouze jako kov.) Tento parametr by měl garantovat pro určitá namáhání výrobce zařízení.

Je ustanovení, že terče musí být opatřeny vhodným úchytem pro připojení ke zkušebnímu za-

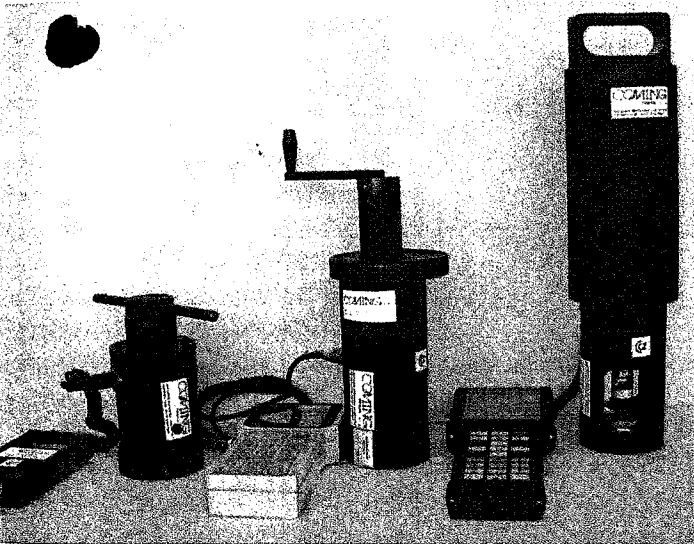
- vybavenost potřebným příslušenstvím,
- adaptabilita a vzájemná záměnnost základních složek,
- možnost pořízení i v nejluxusnější verzi po částech.

Nepochybně se tento záměr podařilo realizovat při konstrukci přístrojů řady COMTEST® OP 1/X, COMTEST® OP 2/X a COMTEST® OP 3/X (obr. 1).

COMTEST OP 1/X

Nejjednodušší přístroj COMTEST® OP 1/X (obr. 2) je postaven pro běžné zkoušky na nejčastěji

prostřednictvím převodovky, ručně ovládané klíčkou (zvláštní výbava – obr. 4). Aby zatěžování probíhalo vhodnou rychlostí, která je většinou stanovena na 100 N/sec, indikuje měřicí jednotka přístroje překročení této rychlosti zvukově, pískáním; čili při zatěžování je třeba se pohybovat v rychlostech těsně nad nebo pod stanovenou hranicí, jinými slovy „píská“ – „nepíská“. Displej poskytuje také informaci o úrovni nabití baterie a varovným blikáním upozorňuje experimentátora na dosažení maximální přípustné síly s ohledem na lineární charakteristiku měřícího silového třmenu. Měřicí člen přístroje lze pak nastavit buď do polohy „měř stále“, tedy i při poklesu síly, nebo do polohy „zaznamenává



Obr. 1: Řada odtrhových přístrojů COMTEST® OP



Obr. 2: Odtrhový přístroj COMTEST® OP 1/X

získat bližší specifikace, za kterou odpovídá výrobce zařízení);

– povinnost úpravy povrchu terčů vhodným způsobem k zajištění dokonalého přilepení na zkoušený povrch (opět bez bližší specifikace, která závisí na druhu zkoušeného materiálu a lepidla);

– ustanovení, že použité lepidlo nesmí chemicky narušovat povrch, ke kterému jsou terče lepeny, ani nesmí penetrovat materiál, na který jsou terče lepeny, a tím nepřipustně ovlivňovat jeho mechanické charakteristiky;

– ustanovení, že čtvercové nebo obdélníkové terče mohou být použity pouze výjimečně, a to jen pro informativní hodnocení. Přitom je třeba zvlášť dbát na dostatečnou tuhost terčů.

Přístroje COMTEST® OP

– filozofie návrhu a stavby přístrojů pro zjištění odtrhové pevnosti COMTEST® OP vychází z toho, aby měly tyto vlastnosti: maximální lehkost a operativnost,

používaných terčích o průměru 50 mm a údaj na displeji je přepočten z působící síly na napětí na tomto terči v MPa. To ovšem nevylučuje použití i větších či menších terčů prostřednictvím adaptérů dodávaných buď jako součást sériového vybavení, nebo v doplňkové výbavě; údaje na displeji je pak nutno pouze vynásobit příslušným součinitelem, vyjadřujícím poměr čtverce průměru 50 mm ke čtverci průměru použitého terče, tedy např. při použití terče 100 mm se vynásobí hodnoty udávané na displeji součinitelem $250/50^2 = 10\ 000 = 0,25$. To umožní velmi přesně měřit i systémy s nízkou pevností, např. hydroizolační pásy, či jejich přilnavost k podkladu. Lze použít terče až do průměru 150 mm. Při větších hodnotách pevnosti by však nemusela být maximální vyvolatelná síla běžného přístroje dostatečná, a proto jsou dodávány přístroje s pěti různými silovými rozsahy X, konkrétně: 3, 7, 10, 15 a 25 kN.

Kombinací velikosti terče a silového rozsahu přístroje lze spolehlivě ošetřit všechny případy, které se mohou v praxi vyskytnout. Zatěžování

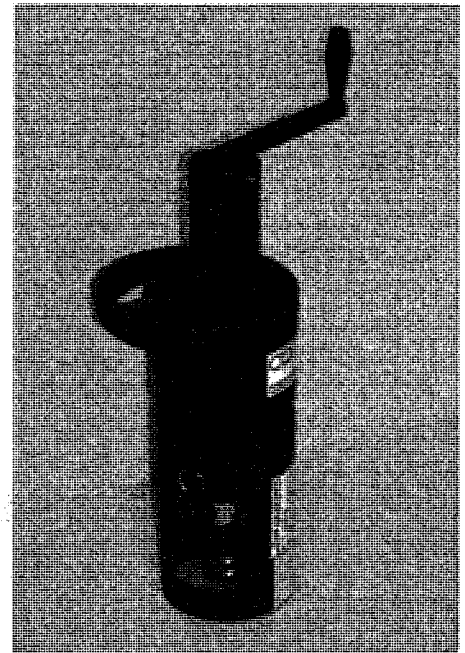
maximální zatížení“. Vynulování přístroje se provádí jednoduše vypnutím a znovuzapnutím.

COMTEST® OP 2/X

Přístroj pro opakovaná měření COMTEST® OP 2/X (obr. 3) používá stejnou zatěžovací jednotku a v základní výbavě i stejný způsob zatěžování jako přístroj COMTEST® OP 1, umožňuje však vedle ruční převodovky (obr. 4) využít i akumulátorového motoru (obr. 5), řízeného zpětnou vazbou se sofistikovanou měřicí a řídicí jednotkou podle předem zvolené rychlosti zatěžování (obojí zvláštní výbava). Měřicí jednotka (v plastovém pouzdře) kromě tohoto úkolu umožňuje plnění celé řady dalších funkcí. Tak např. lze zvolit jakýkoli tvar terče s libovolnou plochou a na mnohařádkovém barevném displeji odečítat momentální napětí na tomto terči spolu s působící silou, lze pozorovat v grafickém i numerickém vyjádření souhlas nebo nesouhlas skutečné rychlosti (při ručním zatěžování) se zvolenou. Je možno si zvolit jak jednotky metrické, tak anglické, je možno komunikovat s přístrojem v českém stejně jako v anglickém jazyce a přístroj si po-



▲
Obr. 3:
Odtrhový přístroj COMTEST®
OP 2/X



▼
Obr. 4:
Přístroj s ručně ovládanou
převodovkou (použitelnou
pro všechny typy)

◀
Obr. 5:
Odtrhový přístroj
COMTEST® OP 3/X

rovné povrchy je dodávána i aretační trojnožka k vyrovnání zatěžovací jednotky do polohy kolmé ke zkoušenému povrchu (zvláštní výbava).

COMTEST® OP 3/X

Přístroj pro opakovaná profesionální měření COMTEST® OP 3/X obsahuje jako standardní příslušenství prakticky všechny komponenty, zmíněné u předchozího přístroje. Měřicí člen je v hliníkovém pouzdře (obr. 5 – v zapojení s akumulátorovým motorem) a v současném provedení zajišťuje veškeré funkce stejně jako měřicí člen v plastovém pouzdře, jak popsáno v předchozím případě u přístroje COMTEST® OP 2/X. Tento měřicí člen však bude obsahovat v další připravované verzi OP 4/X mnoho dalších možností a funkcí. Především klávesnici bude možno použít k zápisu písemných zpráv podobně jako u mobilních telefonů (např. o průběhu zkoušky, jejím místě apod.) nebo jako kalkulačku, přístroj bude vybaven měřením a zápisem teploty a vlhkosti ovzduší a teploty a vlhkosti měřeného povrchu během zkoušky, měřením deformace, bude možno statisticky zpracovat libovolně vybraná měření a jeho paměť se rozšíří na zápis kompletních údajů až o 1000 měření. S tímto vybavením se stane přístroj COMTEST® OP 4/X absolutní špičkou na světovém trhu a hlavně poskytne experimentátorovi nejdokonalejší myslitelný komfort.

RICHARD BAREŠ

foto archiv firmy COMING® Plus

ximálního dosaženého napětí nebo síly při porušení až o 100 měřeních. Tyto údaje mohou být vytištěny bezprostředně po zkoušce nebo kdykoli jindy na minitiskárně (zvláštní výbava) nebo přeneseny do počítače k libovolnému dalšímu zpracování.

Přístroj je osazen nezávislou časovou a dato-

1/1 000 000 vteřiny za 100 let. Opět lze použít různé velké a tlusté terče s pomocí jednoduchých adaptérů, je možno provádět měření i na šikmých či svislých površích. Na displeji je samozřejmě signalizováno případné překročení maximální přípustné síly pro danou zatěžovací jednotku, stav

Ing. Dr. Richard A. Bareš, DrSc. (*1928) je ústředním ředitelem a předsedou představenstva firmy COMING® Plus, a. s. Je specialistou v oblasti materiálového inženýrství, kompozitních materiálů a stavebních aplikací. Je nositelem prestižní ceny Zlatá perla ICP a dalších ocenění,