

[< vorheriger Treffer](#)   [nächster Treffer >](#)

---

In: Industrieböden 2003, 5. Internationales Kolloquium 21. - 23. Januar 2003, Herausgeber P. Seidler  
In: Industrial Floors 2003, 5th International Colloquium January 21-23, 2003, Editor P. Seidler

## Some Notes on the Pull-Off Test

Richard A. Bares, Jirí Wolf

### Purpose and Essence of the Pull-Off Test

By way of introduction permit me to repeat something all of you certainly know, but what can be useful for my further notes.

The purpose of the **pull-off** (also pull-out, tear-off) test - as it is called characteristically in almost all language - is the ascertainment of the weakest spot of surfacing layers (both in the laboratory and on the site), specifically

- the strength of individual layers and/or the substrate above the core (or, to be exact, above the lower core face),
- the bond of individual layers above the core, both among themselves and with the substrate.

The essence of the test consists in the determination of the magnitude of the tensile force, applied perpendicularly to the tested surface and uniformly distributed about the surface of the adhesive-fastened test disc, necessary to pull off the individual layers of the system from one another (adhesive strength) or to produce the rupture of some part of the system incl. the substrate (cohesive strength). The test provides objectively these characteristics of the system up to the height corresponding with the core depth. Consequently, the test can determine the strength of the substrate (or the adequacy of its preparation for subsequent applications), the strength of individual applied layers and their mutual bond, provided a few fundamental rules have been observed consistently.

### Test Progress

A core is drilled by a core drill of the same diameter as the intended test disc at specified spots to a depth of at least 5 mm below the first bonded layer (except for steel substrates). If wet drilling is used (which is recommended), the surface and the core are dried thoroughly. The testing disc is fastened with a suitable adhesive on the top of the dried and cleaned core surface. After the adhesive has hardened the loading unit of the tester is connected and an electronic measuring, display, possibly control unit is connected to the latter. Mechanical measurement using a dial indicator, for instance, is inaccurate and hardly applicable at present. The load is applied either manually or electrically (hydraulic loading is also possible, but impractical) continuously at a prescribed velocity until the rupture, as a rule. A detailed record of the progress of the test incl. the type of failure (adhesion, cohesion, combined) is kept.

### A Few Words on Regulations

Pull-off tests are prescribed or recommended by number standards and other regulations concerning various fields (flooring, facing, insulations, plasters, paint coats, etc.). Unfortunately the provisions of these regulations are greatly varied and comprise a number of provisions lacking any objective, rational, technical or scientific basis. Very often the provisions are based on customs or the subjective feeling of the standardized, frequently on uncritical acceptance of the provisions of not always perfect foreign standards, sometimes even with an obvious ignorance of the problem. Our practice has shown that most experimentalists have only a very

superficial knowledge of the principles of the test and observe (most probably because of that fact) painstakingly the prescribed provisions to the letter. Permit us to demonstrate it in more concrete terms on the state in the Czech Republic (nine different standards, incl. two European ones), which, naturally, we know best. However, a quick look at the standards and regulations of other countries, incl. the EU standards, will tell you that similar situation is - it is said to be - the same everywhere. In some regulations various important, even the most fundamental provisions are missing or differ fundamentally, other provisions can be characterized as archaic, no longer required at present and uselessly constraining the experimentalist.

What are also those provisions, which should not be missing in any pull-off test regulations?

A correct test evaluation requires an accurately defined area to which the test load is applied. Therefore, it is essential that for the test the core of the same diameter as the test disc used and the necessary depth below the last contact joint of adhesive character have been prescribed. Such core cannot be made by "off-hand" drilling and necessitates adequate special equipment. This fundamental condition, for instance, is not included in any of the above-mentioned Czech standards.

The disc area is selected in most standards at random, according to intuition or custom, without any relevant argument or technical substantiation or justification. For instance, in the afore mentioned nine standards there are 8 different diameters, even strictly prescribed. The disc diameter should be based on a certain logical and meaningful series and on the same general principles. According to the tested material and expected pull-off strength value it would be sufficient to prescribe only the limits or perhaps only the lower limit of the disc diameter. The disc diameter should be at least three times as large as the biggest particle size if the tested non-homogeneous material and above all as large as to make the expected strength at failure exceed at least one fifth of the force range of the apparatus used. Square and even rectangular discs should be admitted only exceptionally as non-standard equipment for roughly informative or preliminary tests.

The most important characteristic of test discs is not only their diameter (with the afore mentioned reservations), but also their **stiffness**, which must guarantee that the disc will not deform excessively and so cause non-uniform load distribution about its surface. It is the very regular distribution of the load about the whole disc area that is the necessary prerequisite for objective test result. Some standards define disc thickness (either by absolute figures or in relation to its diameter); some mention (though very vaguely) the disc material. Not one, however, seems to be bothered with the disc stiffness, which depends not only on the modulus of elasticity of the material of which it has been made (linearly) and its thickness (in third power), but also on the general arrangement of force transmission (cross section changes, the thickening ratio connected therewith, ribs, etc.). This gives rise to such absurdities in the standards as the determination of disc thickness (without any description of its cross section), but not of the material of which the disc should be made. Some standard is content (if it mentions the material at all) with the term "metal" - whether steel, aluminum or lead is left at the experimentalist's discretion. It seems reasonable to leave also the duty to deliver the discs of sufficient stiffness to the test equipment manufacturer. After all, the detailed mathematical analyses of circular plate deformations under regularly distributed load and "bearing" rigidly in a certain part of its surface about its center (determined by the arrangement of haunches around the connecting grip), made by the authors, have shown explicitly that the frequent requirement of disc thickness amounting to one fifth of its diameter is excessive in most cases and is based probably on the analysis of the circular plate point-supported in its center under regularly distributed load.

The surface of the disc must be treated adequately so as to assure perfect adhesion; the adhesive must be chemically inert to the tested surface and must not change physically the tested material (e.g. by in-depth penetration). However, this aspect does not interest any of the above-mentioned standards.

The disc must be provided, naturally, with adequate grip enabling its connection to the testing apparatus. It is an anachronism, if the standard prescribes how such grip should be designed, instead of prescribing maximally its function.

All this shows that the provisions of the standards on pull-off tests should be maximally unified regardless of the field of application with the understanding that the regulations should comprise

- the duty to drill to adequate depth (which may, but need not be prescribed and will be different for various materials and systems),
- the admission of circular discs only for objective tests,
- the prescription of the size of circular discs (differing according to the type of material and system and/or their strength, and only in the series of 25, 50, 75, 100, 125, 150 mm) and the specification of the minimum permitted disc diameter. (The use of larger discs is advantageous in all cases; the

obtained results are more accurate; decisive is the capacity of the loading apparatus used),

- the conditions for sufficient disc stiffness to exclude the possibility of the test result being influenced by disc deformation. (This parameter should be guaranteed by the test apparatus manufacturer for certain loads),
- the provision that the discs must be provided with an adequate grip for the connection to the testing apparatus (without detailed specification which is left to the manufacturer's responsibility),
- the duty to provide the disc with adequate surface treatment to assure perfect adhesion to the tested surface (once again without further specification, which depends on the type of tested material and adhesive),
- the provision that the adhesive used must not impair chemically the surface to which the discs are fastened nor penetrate material to which are discs clued and thus influence inadmissibly its mechanical characteristics,
- the provision that square or rectangular discs may be used in exceptional cases only and for informative assessment only and that individual effort must be given to assure sufficient stiffness of discs.

The authors of this paper have been concerned with the pull-off test problems for a considerable number of years in the course of which they have succeeded in fathoming not only the technical essence of the test and discovering all of its stumbling blocks, but also developing an integral series of sophisticated equipment for the performance of these tests (COMTEST® OP apparatus series) which are - and not only in their own opinion - at the top of analogous commercial products (Fig. 1). The whole philosophy of design and construction of COMTEST® OP apparatuses intends to make them:

- light of weight and maximally operative,
- simple to control and user-friendly,
- provided with all necessary accessories,
- adaptable and enabling mutual interchangeability of principal components,
- capable of fulfilling all (or at least most) different requirements of dozens various standards and codes in force all over the worlds.

The authors leave it at the users' judgment, whether they have succeeded in putting their intention into practice. A brief description of these apparatuses is presented here merely; in the vestibule there is possible to make acquaintance with the apparatuses COMTEST® OP 1/X, COMTEST® OP 2/X and COMTEST® OP 3/X in kind. The next luxurious version of COMTEST® OP 4/X will be available shortly.

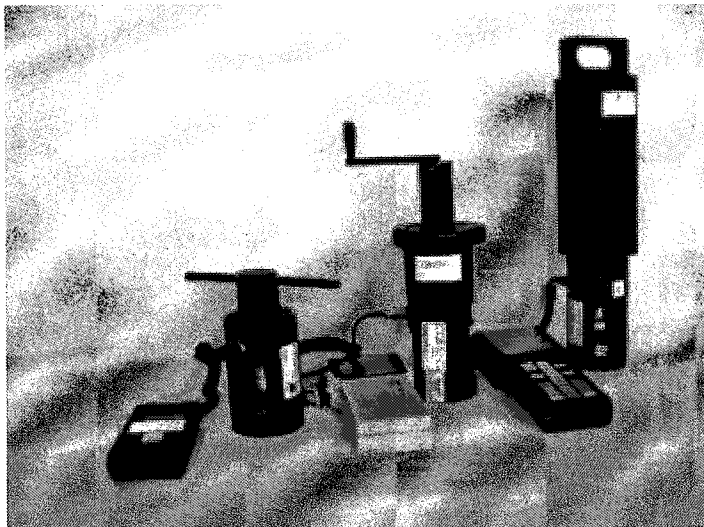


Fig. 1 The COMTEST® OP series of apparatuses for pull-off tests with various measuring units and various ways of tensile force generation.

## COMTEST® OP 1/X Apparatus

The simplest apparatus COMTEST® OP 1/X (Figs. 2, 3) is built for standard tests with the discs of the most frequently used diameter of 50 mm; the figure on the display shows directly the stress measured on this disc in MPa. Its design, however, does not exclude the use of smaller or larger discs by means of simple adapters (Fig. 4). The data on the display must be just multiplied by the adequate coefficient expressing the ratio of the square of the dia. 50 mm to the square of the diameter of the discs used; for instance, in case of the use of a dia. 100 mm disc the figure on the display is multiplied by the coefficient  $2\,500/10\,000 = 0.25$ . That makes it possible to measure with great accuracy also such low strength systems as waterproofing bands or their adhesion to the substrate. Discs up to 150 mm in diameter can be used. In case of major strengths and the use of larger discs the maximum applicable force of the standard apparatus (i.e. OP 1/7) might not be sufficient; therefore apparatuses with five different force ranges X are delivered, i.e. 3, 7, 10, 15 and 25 kN. The combination of disc size and force range enables the treatment of all cases occurring in technical practice with equal accuracy.

The load may be applied either manually by rotating lever arms or by means of a gearbox operated manually by a handle (Fig. 5). To assure the load increase at an adequate velocity, (100 m/sec., as a rule) the measuring unit of the apparatus indicates by whistling, if this limit has been exceeded. During load application, therefore, it is necessary to observe the prescribed limit or, in other words remain within the "whistling - not whistling" zone.

The display provides also information on the status of the battery and cautions the user by flickering that the maximum permissible force with regard to the linear characteristics of the measuring force stirrup has been attained. The measuring unit may be set either to "permanent measurement" mode, when it measures even after the force has dropped, or "recording the maximum load achieved" mode. Switching off and on zeroes the display.



Fig. 2 The delivered test set with COMTEST® OP 1 pull-off apparatus.

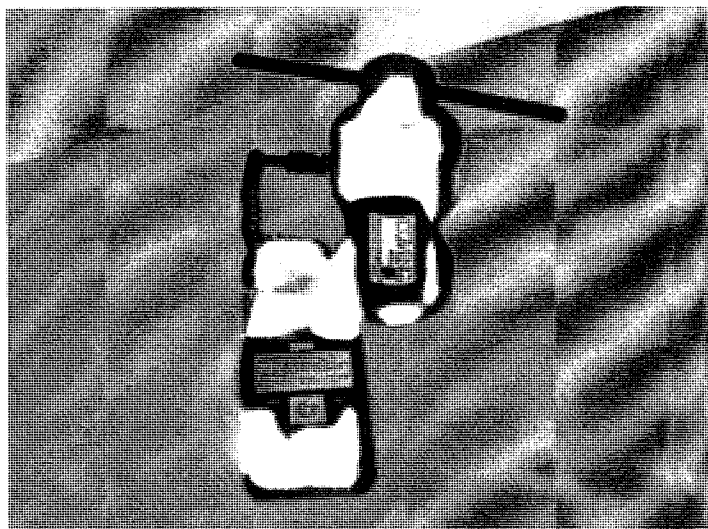


Fig. 3 The COMTEST® OP 1/X pull-off apparatus for dia. 50 mm discs provided with manual force generation.

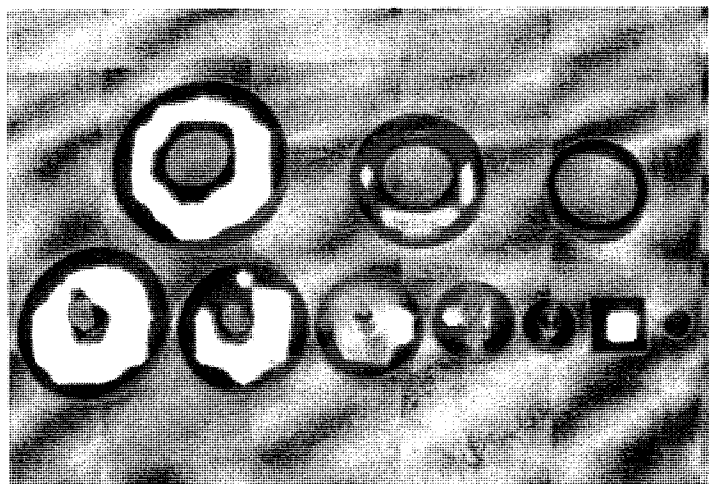


Fig. 4 Set of discs of various diameters and their respective adapters.

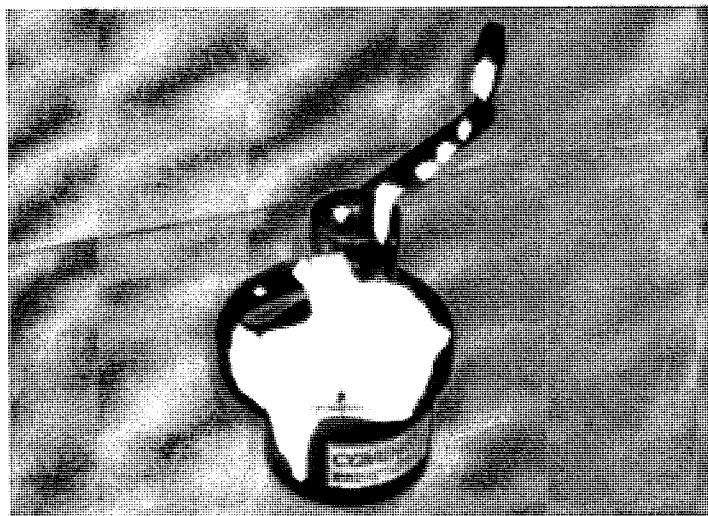


Fig. 5 Gearbox for manual force generation by means of a handle.

## COMTEST® OP 2/X Apparatus

The apparatus for repeated measurements, COMTEST® OP 2/X (Figs. 6, 7), makes use of the standard loading unit and analogous two loading modes as the COMTEST® OP 1/X apparatus, but enables also the use of an accumulator motor controlled (with microsecond feedback) by the sophisticated measuring and control unit according to introduced programme. Apart from that the measuring unit enables the fulfillment of a number of further functions, such as to select the disc of any shape and any area and to read on a multilineal colour display the momentary stress on the disc as well as the magnitude of applied force; it is also possible to observe, in numerical or graphic presentation, the agreement or disagreement of the actual with the required load application velocity. The display shows also the possible exceeding of the maximum permissible force for the given loading unit type, the battery status or interruption of the time base. After measurement termination the display shows the minimum, maximum and mean load application velocity in the course of the whole test together with the graphic presentation of the loading cycle, all input data as well as the date and time of the test. The apparatus retains in its memory all above-mentioned data on one hundred executed tests. All data can be printed either immediately after the test on a miniprinter or transmitted later into a personal computer for further processing.

The apparatus is provided with an autonomous time base controlled by the DFC signal and communicates in two languages and two unit systems - metric and imperial. So far it operates in English and in Czech, but the software modification for any other language combination (such as English-German) or any other unit combination is no problem.

This apparatus, too, is provided with ample accessories. Apart from adapters for discs of various sizes and thicknesses another adapter enables the measurements also on inclined or vertical surfaces (Figs. 8, 9).



Fig. 6 The delivered test set with COMTEST® OP 2 pull-off apparatus.



Fig. 7 COMTEST<sup>®</sup> OP 2/X pull-off apparatus provided with gearbox for manual force generation by means of a handle.

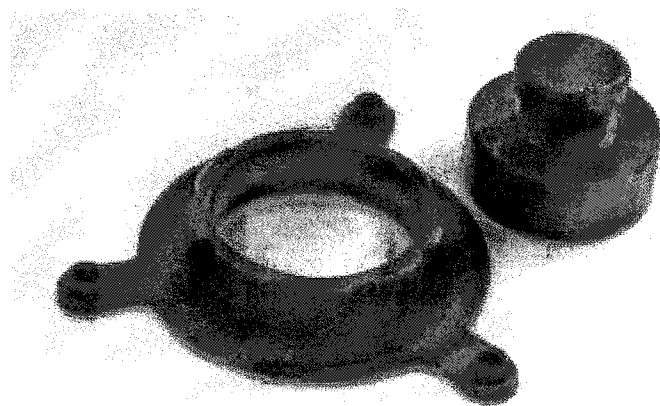


Fig. 8 Adapter for test performance on inclined or vertical surfaces.



Fig. 9 COMTEST<sup>®</sup> OP 2 pull-off apparatus ready for a test on a vertical surface.

## COMTEST® OP 3/X Apparatus

The apparatus for repeated professional measurements, COMTEST®OP 3, has all components mentioned in the preceding apparatus as standard equipment (Fig. 11) together with adapter in the form of an arresting tripod enabling the loading unit alignment in position perpendicular to the tested surface on uneven surfaces (Fig. 9), accumulator motor, miniprinter and others. The measuring unit (this time encased in an aluminum housing) of contemporary design (Fig. 12) assures all functions as the measuring unit in the preceding case of COMTEST® OP 2 apparatus (in plastic housing), but is ready to fulfill a number of further functions in the prepared most luxurious version of COMTEST® OP 4 apparatus.

Apart from all possibilities and provision with the functions mentioned in case of COMTEST® OP 2/X and 3/X, the prepared COMTEST® OP 4/X version provides a number of further possibilities and quantities which, in the authors opinion, will satisfy even the most exacting user. To give a comprehensive view of the test the apparatus will be provided with automatic measuring and, naturally, recording of ambient temperature and humidity, and the measuring and recording of temperature, possibly humidity, of the tested surface in the course of the test. It will enable also the measurements of the deformation of the tested surface and, consequently, will provide a far more comprehensive look at the test result than hitherto possible, including the post-peek behavior of the bond (brittleness, ductility, toughness), working (load-deformation) diagram, the fracture energy achieved. All of the methods for adhesion tests including their disadvantages, e.g. WST (Wedge-splitting test) method, are by this overcome.

Further, the measuring unit keyboard can be used for text record writing like that of the mobile phones (recording e.g. the test progress, its location, etc.) or as a calculator with a built-in programme for statistical processing of selected measurements whose number may attain 1000.



Fig. 10 Tripod for measurements on heavily uneven surfaces.





Fig. 11 The delivered test set with the COMTEST® OP 3 pull-off apparatus.



Fig. 12 COMTEST® OP 3/X pull-off apparatus provided with an accumulator motor for force generation.

## Conclusion

The authors have afforded great attention and care to the design and construction of new, unconventional apparatuses for the determination of the pull-off strength to satisfy the most exacting criteria and requirements of investors and experimentalists on the one hand and of the specialists of various professions and sectors using these tests on the other hand. They have endeavoured to eliminate maximally the influence of human factor, to make the results maximally accurate, the measurements maximally simple, user-friendly and maximally comprehensive. To achieve this aim they have used all their long-term experience from theoretical research and test practice. They believe (with an acceptable dose of immodesty) that their COMTEST® OP apparatuses will afford the experimentalists the highest comfort possible and will become the top products in their field. The assessment of this hypothesis, however, belongs exclusively to professional specialists. That is also why the authors have presented this information to this prestigious conference.

**Biography of speaker**

Prof. Eng.Civ.Dr. Richard B a r e š, DrSc., professor emeritus of the Czechoslovak Academy of Sciences, specialist in material engineering, composite materials and building structures; author of more than 220 scientific and technical publications and 260 scientific research reports, holder of numerous prestigious awards. At present managing director and Chairman of the Board of Directors of COMING Plus, joint-stock company, Prague.

Eng.

Ing. Jiří Wolf / short biography.

Jiří Wolf is born at 28. April 1953

He was graduated as engineer in electronic control. ✓

1978 - 1985 he worked as research worker in electroheating industry (M)

1985 - 1991 he participated on research of instruments for measurements in geotechnical laboratories (electronic part in this research).

1991 - 1998 he founded <sup>shared</sup> with his partner (Ing. Holý) firm W&H, which developed electronic measurement unit for pull-off tester - first type,

1998 he founded firm Roklan-electronic. This firm develops and produces different types of dataloggers and control- and measurement- units for building industry and specially for laboratory equipment.

2002-09-30

## Syllabus

### Some notes to pull-out tests

*by Prof. Dr.-Ing. Richard A. Bareš and Dipl.-Ing. Jiří Wolf*

There is no doubt concerning the pull-out tests necessity and meaningfulness in the field of flooring systems not only industrial. The pull-out tests are used by lots of professions e.g. plasterers, lacquerers, tilers, izolaters etc as a necessary evaluation parameter. I have counted seven standards in the Czech republic /come of it two European/ concerns the pull-out tests with absolutely different requirements. We could only seldom describe they have some rational core and are well-founded by technical reasons. I am afraid the number of the analogous standards will count by dozens. The effort concerning the unification of different profession is true one of the possibilities how to solve a number of problems touching the tests but it is unreal apparently. There are other prestigious reasons coming from the authors of individual standards which could obstruct the rational access probably. Nevertheless there is the second alternative to give so adaptable apparatus for pull-out strength measurement which all different and various requirements of all divers standards could be able accept without problems and some exacting arrangements. Just the experimental and measuring equipment was developed by the authors, many times tested and it knows practically all what the experimentalist has in his head. It is mobile, easy to control, it knows speak in the different languages as well as use divers units, it is independent of the test disk diameters, it memorizes all dates for 100 tests, it knows drive the rate of loading according to the choice, it makes possible printing of measured results or replaces them in the PC for following data processing, it knows test on horizontal as well as inclined or vertical surfaces, it does not relate of unevenness or roughness of measured place etc. This sophisticated apparatus – apparatus COMTEST OP we will oblige to demonstrate at the conference , too, and conceivably to offer some of them for sale to potential interested persons.

## *Some notes to Pull-off Tests*

**Richard A. Bareš, Jiří Wolf**

### *Účel a podstata odtrhové zkoušky*

Dovolte zopakovat na úvod to, co nepochybně všichni víte; nicméně může to být ve vztahu k dalším poznámkám důležité.

Účelem **odtrhové** zkoušky, jak je výstižně nazvána téměř ve všech jazycích, je zjištění nejslabší součásti povrchových vrstev (a to v laboratoři i na stavbě), konkrétně:

- pevnosti jednotlivých vrstev nebo/a podkladu nad vývrtem (přesněji řečeno nad spodní úrovní vývrtnu)
- soudržnosti 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. Zkouška objektivně udává tyto vlastnosti systému do hloubky, odpovídající hloubce vývrtnu. Zkouškou lze tedy zjistit pevnost podkladu (nebo také přiměřenost jeho úpravy k následným operacím), pevnost jednotlivých nanesených vrstev a jejich vzájemnou vazbu, to vše, pokud se důsledně zachová několik základních pravidel.

### *Postup zkoušky*

Na určených místech se provede vývrt jádrovým vrtákem s průměrem stejným jako předpokládaný terč, do hloubky alespoň 5 mm pod úroveň první připojené vrstvy (kromě ocelových podkladů). Pokud se provádí vrtání za mokra (doporučeno), vysuší se důkladně povrch i řez. Na vysušený a očištěný povrch se přilepí vhodným lepidlem zkušební terč. Po zatvrdnutí lepidla se připojí k terči zatěžovací jednotka zkušebního zařízení a k němu elektronická jednotka měřící, zobrazovací, příp. i řídící. Mechanické měření např. indikátorovými hodinkami je nepřesné a dnes zřídka použitelné. Zatěžování se provádí buď ručně nebo elektricky, (hydraulické pohony jsou sice také možné, ale nepraktické), předepsanou rychlostí, plynule, obvykle až do porušení. O zkoušce se vede podrobný záznam včetně způsobu porušení (adhezní, kohezní, kombinovaný).

### *Pár slov o předpisech*

Odtrhové zkoušky jsou předepsány či doporučeny řadou norem a jiných předpisů v různých oblastech (podlahy, obklady, izolace, omítky, nátěry atd.). Bohužel, tyto předpisy se vyznačují ohromnou nejednotností různých ustanovení o této zkoušce a obsahují řadu ustanovení, postrádající jakýkoli objektivní, racionální, technický nebo vědecký základ. Často

Terče musí být samozřejmě opatřeny vhodným úchytem pro připojení ke zkušebnímu zařízení; anachronismem je, předepisuje-li norma, jak má být takový úchyt konstruován, namísto aby předepisovala nanejvýš jeho funkci.

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

- povinnost návrhu 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 25,50,75,100,125,150 mm) a udání minimálního povoleného průměru terče. (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. (Tento parametr by měl garantovat pro určitá namáhání výrobce zařízení).
- ustanovení, že terče musí být opatřeny vhodným úchytem pro připojení ke zkušebnímu zařízení (bez 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, přičemž je třeba zvláště dbát na dostatečnou tuhost terčů.

Autoři tohoto příspěvku se zabývají problematikou odtrhové pevnosti již slušnou řádku let a za tu dobu se jim podařilo nejen proniknout do technické podstaty zkoušky, odkrýt všechna její úskalí, ale i vyvinout ucelenou řadu sofistikovaných zařízení pro provádění těchto zkoušek (COMTEST® OP), stojících dnes svou přesností, snadnou manipulovatelností a komplexní výbavou, nejen podle jejich mínění, na špici obdobných komerčních produktů (obr. 1). Celá filozofie návrhu a stavby přístrojů COMTEST® OP vychází z toho, aby měly tyto vlastnosti:

- maximální lehkost a operativnost
- jednoduchost ovládání a přívětivost k uživateli
- vybavenost vším potřebným příslušenstvím
- adaptabilita a vzájemná záměnnost základních složek
- možnost pořízení i nejluxusnější verze po částech
- schopnost přístroje splnit všechny (nebo alespoň většinu) rozdílných požadavků desítek různých norem a předpisů, platných ve světě.

Autoři ponechávají na uživatelích posouzení, zda se tento záměr podařilo realizovat. Stručný popis přístrojů je uveden dále a v předsálosti je umožněno i fyzické seznámení s přístroji COMTEST® OP 1/X, COMTEST® OP 2/X a COMTEST® OP 3/X. V krátké době bude k dispozici i další luxusní verze COMTEST® OP 4/X.

### *PŘÍSTROJ COMTEST® OP 1/X*

Nejjednodušší přístroj COMTEST® OP 1/X (obr. 2,3) je postaven pro běžné zkoušky na terčích nejčastěji používaného průměru 50 mm a údaj na displeji vyjadřuje přímo napětí na tomto terči v MPa. To ovšem nevylučuje použití větších či menších terčů prostřednictvím jednoduchých adaptérů (obr.4); 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 displejové hodnoty součinitelem

$2500/10\ 000 = 0,25$ . To umožní velmi přesně měřit i systémy s nízkou pevností, např. hydroizolační pásy nebo jejich přilnavost k podkladu. Lze použít terče až do průměru 150mm. Při větších hodnotách pevnosti s použitím větších terčů by nemusela být maximální aplikovatelná síla běžného přístroje (tj. OP 1/7) 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 lze spolehlivě a se stejnou přesností ošetřit všechny případy, které se v praxi mohou vyskytnout.

Zatěžování lze provádět buď ručním otáčením vratidla, nebo prostřednictvím převodovky, ručně ovládané kličkou (obr.5). Aby zatížení probíhalo vhodnou rychlostí, která je většinou stanovena na 100 N/sec, indikuje měřící jednotka přístroje překročení této rychlosti zvukově, pískáním. Při zatěžování je tedy třeba se pohybovat těsně kolem stanovené hranice, jinými slovy v oblasti "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. Měřící jednotku lze nastavit buď do polohy "měří stále", tedy i při poklesu síly, nebo do polohy "zaznamenává maximální dosažené zatížení". Vynulování se provádí jednoduše vypnutím a zapnutím.

### *COMTEST® OP 2/X*

Přístroj pro opakovaná měření COMTEST® OP 2/X (obr.6,7) používá standardní zatěžovací jednotku a obdobně dva způsoby zatěžování, jako přístroj COMTEST® OP 1, umožňuje však také nasazení akumulátorového motoru, řízeného (se zpětnou vazbou v mikrosekundách) ze sofistikované měřící a řídicí jednotky podle vloženého zadání. Měřící jednotka kromě toho umožňuje plnění celé řady dalších funkcí: tak např. lze zvolit jakýkoli tvar terče s libovolnou plochou a na mnohořádkovém barevném displeji odečítat momentální napětí na terči i hodnotu působící síly, lze pozorovat v numerickém či grafickém vyjádření souhlas či nesouhlas skutečné rychlosti s požadovanou. Na displeji je signalizováno případné překročení maximální přípustné síly pro daný typ zatěžovací jednotky, stav baterie či přerušení časové základny. Po ukončení měření se zobrazí minimální, maximální a průměrná rychlost zatěžování během celé zkoušky spolu s grafickým znázorněním průběhu zatěžování, dále všechny zadané hodnoty a datum a čas zkoušky. Přístroj si ponechá v paměti veškeré jmenované údaje o 100 provedených zkouškách. Lze je vytisknout třeba těsně po zkoušce na minitiskárně nebo později je přenést do osobního počítače k libovolnému dalšímu zpracování.

Přístroj je osazen nezávislou časovou a datovou základnou řízenou DFC signálem a komunikuje dvoujazyčně a ve dvou jednotkách, metrických a anglických. Zatím pracuje v angličtině a češtině, softwarová úprava na jinou kombinaci jazyků (např. angličtina-němčina), případně jinou kombinaci jednotek, není však žádným problémem.

Přístroj je opět vybaven bohatým příslušenstvím: vedle adaptérů pro různě velké a tlusté terče jde o adaptér, umožňující provádět měření i na šikmých či svislých površích (obr.8,9), adaptér pro zvlášť nerovné povrchy ve tvaru aretační trojnožky k vyrovnání zatěžovací jednotky do polohy kolmé ke zkoušenému povrchu (obr.9) a další.

### *COMTEST® OP 3/X*

Přístroj pro opakované profesionální měření COMTEST® OP 3 obsahuje všechny komponenty, zmíněné u předchozího přístroje, jako standardní vybavení (obr.11). Měřící jednotka (tentokrát umístěná v hliníkovém pouzdře) v současném provedení (obr. 12) zajišťuje veškeré funkce stejně jako měřící jednotka v předchozím případě u přístroje COMTEST® OP 2 (v plastovém pouzdře). Měřící jednotka je však připravena plnit řadu dalších funkcí v připravované nejluxusnější verzi přístrojů COMTEST® OP 4.

## COMTEST® OP 4/X

Kromě všech možností, vybavení a funkcí uvedených u přístrojů COMTEST® OP 2/X a 3/X přináší připravovaná verze COMTEST® OP 4/X mnoho dalších možností a veličin, které, jak autoři předpokládají, uspokojí i nejnáročnějšího uživatele. Přístroj bude totiž, k zajištění komplexního pohledu, opatřen automatickým měřením, a samozřejmě zápisem, okolní teploty a vlhkosti a dále, měřením a zápisem teploty a případné vlhkosti zkoušeného povrchu během zkoušky. Bude vybaven i měřením deformace zkoušeného povrchu a tak poskytne daleko komplexnější pohled na výsledky zkoušky, než bylo dosud umožněno.

Klávesnici měřicí jednotky bude možno použít k zápisu písemných zpráv podobně jako u mobilních telefonů (např. o průběhu zkoušky, jejím umístění apod.) stejně jako kalkulačku se zabudovaným programem pro statistické zpracování zvolených měření, kterých bude možno uložit až 1000.

### Závěr

Autoři věnovali velkou péči návrhu a konstrukci nových, nekonvenčních přístrojů pro zjišťování odtrhové pevnosti tak, aby na jedné straně vyhovovaly nejnáročnějším kritériím a požadavkům investorů i experimentátorů, na druhé straně odborníkům různých profesí a oborů, které se s těmito zkouškami setkávají. Bylo dbáno toho, aby se pokud možno eliminoval vliv lidského činitele, aby výsledky byly co nejpřesnější, aby měření bylo co nejjednodušší a k uživateli nejprátelejší a bylo maximálně komplexní. K tomu využili všech svých dlouholetých zkušeností z teoretického výzkumu i zkušební praxe. Domnívají se (s přijatelnou dávkou neskromnosti), že přístroje COMTEST® OP poskytnou experimentátorovi nejdokonalejší myslitelný komfort a stanou se špičkou ve své oblasti. Posoudit oprávněnost této domněnky však skutečně mohou pouze odborníci a k tomu účelu také autoři tuto informaci na této prestižní konferenci podávají.

Texty k obrázkům:

Obr 1 Řada odtrhových přístrojů COMTEST® OP s různými měřicími jednotkami a s různým způsobem vývinu tahové síly

Obr.2 Dodávaná souprava s odtrhovým přístrojem COMTEST® OP 1

Obr.3 Odtrhový přístroj COMTEST® OP 1/X pro terče o průměru 50 mm osazený vratidlem k ručnímu vývinu síly

Obr.4 Souprava terčů různých průměrů a k nim příslušných adaptérů

Obr.5 Převodovka pro ruční vývin síly prostřednictvím klíčky

Obr.6 Dodávaná souprava s odtrhovým přístrojem COMTEST® OP 2

Obr.7 Odtrhový přístroj COMTEST® OP 2/X s adaptérem pro zkoušku na terči o průměru 100 mm osazený vratidlem k ručnímu vývinu síly

Obr. 8 Adaptér pro zkoušení na šikmých nebo svislých površích

Obr.9 Odtrhový přístroj COMTEST® OP 2 připravený ke zkoušce na svislém povrchu

Obr.10 Trojnožka pro měření na silně nerovných površích

Obr.11 Dodávaná souprava s odtrhovým přístrojem COMTEST® OP 3

Obr.12 Odtrhový přístroj COMTEST® OP 3/X osazený akumulátorovým motorem k vývinu síly

Biography of speakers:

Prof.Eng.Civ. Dr. Richard A. Bareš, DrSc., emeritní profesor Čs. akademie věd, specialista v oblasti materiálového inženýrství, kompozitních materiálů a stavebních konstrukcí. Autor více než 220 vědeckých a technických publikací a 260 vědeckovýzkumných zpráv, nositel řady



prestížních ocenění. Nyní managing director a předseda představenstva firmy COMING Plus.a.s. Praha.