



Úloha č. 10

Testování tepelné odolnosti polymerních materiálů využívaných pro kabelové izolace

1 Zadání úlohy

V rámci laboratorní úlohy se seznámte s problematikou hot set testu jako jednoho z materiálových testů využívaných v technické praxi. K získání dalších informací o daném testu využijte dostupné vytištěné české technické normy. V rámci praktické části připravte potřebné zkušební vzorky, změřte a poznamenejte si všechny jejich potřebné rozměry. Na základě zjištěných rozměrů vypočítejte optimální hmotnost závaží pro hot set test dle příslušné normy. Popište a případně i obrazově zdokumentujte přípravu vzorků, uchycení zvoleného závaží a umístění vzorků se závažím do laboratorní sušárny. Slovně podrobně zhodnoťte průběh celého hot set testu. Uveďte hodnoty poměrného prodloužení v tahu způsobeného zavěšením závaží a umístěním vzorku do sušárny u vzorků, které splnily požadavky na úspěšné dokončení testu. Hodnoty prodloužení vzorku uveďte pro okamžik uplynutí 10 minut od umístění zatíženého vzorku do sušárny a následně po uplynutí dalších 5 minut od odstranění závaží.

Doplňující informace

Hot set test je standardně realizován při testování v kabelovém průmyslu pro charakterizaci odolnosti používaných elektroizolačních polymerních materiálů. Jedná se o poměrně specifický test navržený na základě dlouhodobých zkušeností a definovaný v technických normách. Tento test je ukázkou technické praxe využívané i ve velkých výrobních podnicích. Hot set test je realizován dle normy ČSN EN 60811-507 (Elektrické a optické kabely – Zkušební metody pro nekovové materiály – Část 507: Mechanické zkoušky – Zkouška zesíťovaných materiálů tlakem při vysoké teplotě. Pro získání všech potřebných informací pro konkrétní materiálový test je obecně potřeba využít více technických norem. V souvislosti s hot set testem je standardně potřeba znát např. postup přípravy a tvar (včetně rozměrů) zkušebních vzorků, což je uvedeno v normě ČSN EN 60811-501 (Část 501: Mechanické zkoušky – Zkoušky pro určení mechanických vlastností izolačních a plášťových směsí). Standardní hot set test je určen primárně pro zjištění přibližné úrovně síťování zesíťovaných polymerů (polyethylenu), což není v rámci této laboratorní úlohy řešeno a konečným výsledkem jsou hodnoty poměrného prodloužení při daném kombinovaném zatížení (tepelné a mechanické).

2 Teoretický rozbor problematiky

Vypracujte teoretický rozbor tematiky týkající se testování tepelné odolnosti polymerních (elektroizolačních) materiálů v rozsahu **2 normostrany** (1 normostrana = 1800 znaků včetně mezer). V souvislosti s tepelnou odolností daných materiálů lze uvést i informace o zkouškách hořlavosti, které jsou důležité pro ověřování požární bezpečnosti elektrotechnických celků (včetně kabelových vedení). Rovněž je možné uvést teoretické informace o mechanických tahových zkouškách a vlivu změny teploty okolí na výsledky těchto zkoušek při testování



polymerních materiálů. Alespoň jeden odstavec teoretického úvodu věnujte přímo hot set testu, kdy potřebné informace naleznete primárně v technických normách dostupných v laboratoři. Základní informace o hot set testu lze nalézt i ve volně dostupné literatuře. V textu **aktivně používejte** citace na použitou odbornou literaturu. Použitou literaturu formátujte v souladu s normou ČSN ISO 690 Informace a dokumentace – Pravidla pro bibliografické odkazy a citace informačních zdrojů.

3 Používané laboratorní vybavení a jeho stručný popis

- Laboratorní sušárna s průhledovým oknem
- Posuvné měřítko
- Sada laboratorních závaží
- Přípravek pro zavěšení vzorků v laboratorní sušárně a drobné příslušenství
- Kovová měrka

Realizace normovaného hot set testu vyžaduje poměrně časově náročnou přípravu, jejíž zjednodušená část je náplní dané laboratorní úlohy. Pro hot set test je potřeba mít připravený přípravek pro zavěšení vzorků, případně je možné zavěsit vzorky na drátěný rošt umístěný v laboratorní sušárně. V rámci laboratorní úlohy je využít uživatelsky vyrobený přípravek, na který jsou všechny testované vzorky zavěšeny mimo prostor sušárny. Toto řešení je výhodné, protože je možné rychle přesunout všechny vzorky do sušárny bez jejího dlouhého otevření a tím i bez snížení teploty v sušárně. Hot set test je možné realizovat i v laboratorní sušárně bez průhledového okna a sledovat pouze akustickou odezvu na přetržení vzorku a pád závaží na kovové dno sušárny. Průhledové okno však umožňuje i vizuální sledování vzorků v průběhu testu a je tak možné získat detailnější informace o prodlužování zatíženého vzorku.

4 Postup měření

1. Zapněte horkovzdušnou sušárnu a nastavte teplotu na 200 °C.
2. Z vodiče opatřeného izolací z polyethylenu, který je určen pro výrobu napájecího kabelu, nastříhejte tři přibližně 10 cm dlouhé kousky a z těchto kousků opatrně stáhněte danou izolaci. Stažená izolace (polyethylenová trubička) představuje testovaný vzorek.
3. Na připravených vzorcích vyznačte ve středové části dobře viditelnými značkami vzdálenost 20 mm a pomocí posuvného měřítka zjistěte vnější a vnitřní průměr izolace. Z průměrů vypočítejte plochu mezikruží dle vztahu (1).
4. Každý ze tří připravených vzorků zasuňte do otvorů v přípravku a zafixujte dotažením šroubku. Před úplným dotažením šroubku vložte do dutého vzorku krátký tenký drátek, který zajistí, že nedojde k úplnému uzavření vnitřního prostoru vzorku (dle normy).



5. Na základě znalosti plochy mezikruží a mechanického napětí 20 N/cm^2 , které musí být při testu dodrženo dle normy, stanovte hmotnost optimálního závaží.
6. Ze sady standardních laboratorních závaží zvolte závaží s nejbližší nižší a s nejbližší vyšší hmotností vůči vypočítané hmotnosti a připevněte závaží k vzorkům pomocí kancelářských klipsů (příprava dvou vzorků se závažími).
7. Pro testování i možného vlivu odlišného uchycení závaží k vzorku použijte uživatelsky připravené závaží, které ke vzorku uchytíte obdobně jako je uchycen vzorek k přípravku (příprava třetího vzorku se závažím).
8. Vyčkejte na dosažení teploty 200°C v sušárně a poté vložte do sušárny přípravek se vzorky. Na stopkách nastavte čas 10 min a v průhledovém okně sledujte průběh testu.
9. Po uplynutí 10 minut otevřete na co nejkratší dobu sušárnu (maximálně na 30 s) a změřte kovovým měřítkem délku části vzorků mezi značkami. Měření je prováděno u vzorků, které vydržely působení teploty a mechanického zatížení a pouze se prodloužily.
10. Odstraňte ze vzorků závaží a sušárnu zavřete. Vyčkejte 5 minut a vyndejte vzorky z prostoru sušárny. Po jejich teplotní stabilizaci na laboratorní teplotu opět změřte délku části vzorků mezi značkami. Ze získaných délek vypočítejte poměrná prodloužení.

Nezapomeňte si poznamenat parametry prostředí!

- Teplota ($^\circ\text{C}$):
- Vlhkost (%RH):
- Tlak (mbar nebo kPa):

5 Vztahy nutné k výpočtům

Vztah pro výpočet plochy mezikruží S

$$S = \pi \cdot (D - \delta) \cdot \delta \text{ (m}^2\text{)} \quad (1)$$

kde D (m) je střední hodnota vnějšího průměru zkušební vzorku a δ (m) je střední tloušťka izolace.



Vztah pro výpočet hmotnosti závaží m

$$m = \frac{F}{g} = \frac{\sigma \cdot S}{g} \text{ (kg)} \quad (2)$$

kde F (N) je síla, g je tíhové zrychlení ($g = 9,81 \text{ m/s}^2$), σ (Pa nebo N/m^2) je mechanické napětí (analogie k tlaku p) a S (m^2) je plocha.

Vztah pro výpočet poměrného prodloužení v tahu ε

$$\varepsilon = \frac{l_2 - l_1}{l_1} \cdot 100 \text{ (\%)} \quad (3)$$

kde l_1 (m) je délka sledované části vzorku před zkouškou (pro testované vzorky $l_1 = 20 \text{ mm}$) a l_2 (m) je délka sledované části vzorku po provedení zkoušky (např. po zatížení a vystavení zvýšené teplotě).