

# ULTRASONIC TESTING - TOFD

UT

Sylabus pro kurzy techniky TOFD ultrazvukové metody dle systému ISO 9712

PROCES	SYSTÉM	METODA	STUPEŇ / TECHNIKA	SEKTOR	CODE	PLATNÉ OD	ZPRACOVAL
NDT	ISO 9712	UT	TOFD	w	-	1 / 2023	MATOUŠEK

## ÚVOD

Princip ultrazvukové metody využívá skutečnosti, že pevné materiály (kovové i nekovové) jsou dobrými vodiči zvukových vln. Technika TOFD využívá absorpce energie ultrazvukových vln vyslaných do materiálu vnitřními vadami a následné emitování této energie na okrajích vad ve formě difrakčních signálů. Čím vyšší je frekvence vlnění, tím menší vady je možno detekovat. Pro zkoušení se využívají frekvence od 0,5 MHz do 15 MHz.

Zkoušení materiálů pomocí ultrazvukové techniky TOFD se neustále vyvíjí. Zdokonaluje se schopnost detekce vad, přístrojové vybavení, záznam a interpretace získaných signálů.

## DOPORUČENÉ MATERIÁLY

### ATG Materiály

- UT-TOFD – Ultrazvuková metoda – technika TOFD (učební texty ATG)
- Přednáška: Ultrazvukové zkoušení technikou TOFD
- Přehled EN norem používaných pro zkoušení ultrazvukovou technikou TOFD
- Sbírká vzorců TOFD

## DEFINICE URČENÍ

Cílem kurzu je seznámit posluchače s fyzikální podstatou difrakce ultrazvukových vln, principem techniky TOFD, se způsoby skenování součástí a získávání dat, se zvláštnostmi přístrojového vybavení, se způsoby zobrazení signálů, se základy norem a jejich použitím na praktické aplikace zkoušení výrobků, především svarů. Posluchač je po absolvování kurzu a úspěšném složení zkoušky schopen samostatně nastavit přístroj pro zkoušení, provést zkoušku technikou TOFD dle dané návodky či specifikace, výsledky interpretovat a zaznamenat do protokolu a také vyhodnotit podle příslušných norem.

**Podmínka:** Účastník musí mít platnou kvalifikaci v metodě UT Level II dle EN ISO 9712

## DÉKLA ŠKOLENÍ

TECHNIKA / SEKTOR		LEVEL I	LEVEL I+II	LEVEL III
w	Svary	N/A	5 d (40 h)	N/A

# SOUHRN ZNALOSTÍ – VŠEOBECNÁ ČÁST

TÉMA		LEVEL I	LEVEL II	LEVEL III
<b>1</b>	<b>Úvod do terminologie a historie TOFD</b>			
1.1	Personální požadavky – kvalifikace pracovníků	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2	Historie TOFD	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3	Terminologie UT (EN ISO 5577) a TOFD	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.4	Osvěžení základů ultrazvukového zkoušení – základní vlastnosti ultrazvukového svazku, vlny, difrakce vln, útlum	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.5	Vady související s výrobními procesy – přehled	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>2</b>	<b>Fyzikální principy techniky a související znalosti</b>			
2.1	Základní princip techniky TOFD	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.2	Výhody a nevýhody techniky TOFD	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.3	Typy skenování pro získání dat – paralelní a neparalelní skeny	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.4	Požadavky na zkušební povrch – vliv na zkoušení a výběr sond,	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.5	Omezení techniky TOFD – mrtvé zóny a parametry, které je ovlivňují	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>3</b>	<b>Přístrojové vybavení</b>			
3.1	Požadavky na ultrazvukové zařízení pro TOFD – parametry přístrojů, typy zařízení	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.2	Sondy – zvukové pole TOFD sond, parametry sond pro TOFD, plexi klíny k sondám, přizpůsobení sond na zakřivené plochy, výběr sond a stanovení PCS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.3	Manipulátory a skenery – typy skenerů s enkodérů, použití vodících mechanismů pro skenování	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.4	Vazební prostředky – typy a podmínky	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>4</b>	<b>Typy zobrazení ultrazvukových signálů – vizualizace</b>			
4.1	Zobrazení A	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.2	Zobrazení B	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.3	Zobrazení C	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.4	Zobrazení D	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.5	Zobrazení S – sekční	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.6	Zobrazení P - projekční	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.7	Zobrazení TOFD	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>5</b>	<b>Nastavení parametrů zkoušení</b>			
5.1	Nastavení časového okna pro sběr dat, převod času na hloubku	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.2	Způsoby nastavení citlivosti	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.3	Ověření nastavení	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.4	Referenční a kalibrační měrky – materiál, tvar, rozměry, typy referenčních difraktorů (SDH, drážky typu N, V)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.5	Kalibrační sken	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.6	Demonstrační vzorky a měrky	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.7	Parametry nastavení před skenováním – průměrování signálů, digitalizace, komprese signálů,	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

TÉMA		LEVEL I	LEVEL II	LEVEL III
5.8	Parametry zpracování dat po skenování – typy kurzorů, narovnání laterální vlny, linearizace hloubka-čas, odstranění laterální vlny nebo koncového echa, technika SAFT, technika zvýraznění signálů	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>6</b>	<b>Zkoušení a sběr dat</b>			
6.1	Zkoušení podle písemné instrukce nebo postupu	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.2	Vliv geometrie a teploty	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.3	Příprava zkušebního povrchu	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.4	Stanovení výchozího bodu	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.5	Rozsah zkoušení – požadavek před zkoušením a zajištění pokrytí	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.6	Překrytí stop při skenování	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.7	Více zónové a offsetové zkoušení	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.8	Stanovení oblasti pro sběr dat	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.9	Sběr dat a krok skenování	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.10	Rychlost skenování, vzorkování a opakovací frekvence	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.11	Chybějící linie skenů	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.12	Ztráta akustické vazby	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.13	Hledání vad příčných k ose svaru	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.14	Doplňkové zkoušení příčnými vlnami	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.15	Odlišnosti zkoušení na zakřivených plochách	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>7</b>	<b>Interpretace TOFD signálů</b>			
7.1	Vztah fáze signálů na hodnocení – fázové poměry	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.2	Určení charakteristiky vad dle signálů – typické kategorie	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.3	Interpretace TOFD zobrazení signálů – typické necelistvosti a jejich zobrazení	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.4	Typické problémy při TOFD interpretaci signálů - přehled	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>8</b>	<b>Posuzování a vyhodnocení vad</b>			
8.1	Provedení demonstračního skenu a demonstrační měřka	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.2	Postup interpretace a vyhodnocení vad	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.3	Určení a rozlišení geometrických indikací	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.4	Určení relevantních indikací	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.5	Systém klasifikace vad	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.6	Vady související s povrchem	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.7	Vady vnitřní	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.8	Vícenásobné vady	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.9	Určování rozměrů a velikosti vad	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.10	Softwarové nástroje pro měření vad	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.11	Přesnost měření a rozlišení u techniky TOFD	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.12	Měření doby průchodu signálů, převod na hloubku	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.13	Chyby v určení pozice vady	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.14	Určení hloubky vady pod povrchem a výšky vady	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

TÉMA		LEVEL I	LEVEL II	LEVEL III
8.15	Stanovení délky vady	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.16	Podrobná analýza vad	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.17	Vyhodnocení vad podle kritérií přípustnosti	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.18	Vyhodnocování dat offline - vzdáleně	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>9</b>	<b>Aplikace techniky TOFD</b>			
9.1	Typické aplikace pro techniku TOFD	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.2	Stav a kvalita povrchu - příprava	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.3	Volba způsobu a parametrů zkoušení TOFD podle výrobku a očekávaných nečistot	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.4	Metody zkoušení svarů – tupé svary	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.5	Zkoušení svarových spojů různých tlouštěk	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.6	Zkoušení svarů se zakřiveným povrchem	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.7	Možnosti zkoušení koutových a rohových svarů	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.8	Zkoušení tvářených výrobků	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.9	Ukládání a archivace dat z měření	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.10	Protokolování výsledků, generování reportů z TOFD zařízení	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## SOUHRN ZNALOSTÍ – SPECIFICKÁ ČÁST

NORMA		LEVEL I	LEVEL II	LEVEL III
<b>1</b>	<b>Všeobecné</b>			
<b>EN ISO 16828</b>	Nedestruktivní zkoušení - Zkoušení ultrazvukem - Technika měření doby průchodu difrakčních vln jako metoda pro detekci a stanovení velikosti diskontinuit	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>2</b>	<b>Svary</b>			
<b>EN ISO 10863</b>	Nedestruktivní zkoušení svarů - Zkoušení ultrazvukem - Použití techniky měření doby průchodu difrakčních vln (TOFD)	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
<b>EN ISO 15626</b>	Nedestruktivní zkoušení svarů - Technika měření doby průchodu difrakčních vln (TOFD) - Stupně přípustnosti	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

## SOUHRN ZNALOSTÍ – PRAKTICKÁ ČÁST

Praktická část školení se zaměřuje na procvičení znalostí obsažených v standardech probíraných ve specifické části.

Použité školící a zkuškové vzorky musí být reprezentativní pro daný výrobní sektor.

TÉMA		LEVEL I	LEVEL II	LEVEL III
<b>1</b>	<b>Všeobecné</b>			
1.1	Popis TOFD systému - propojení sond, skeneru a přístroje	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.2	Ovládání TOFD přístroje a příslušenství	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.3	Nastavení parametrů TOFD přístroje	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.4	Výběr a nastavení vhodné sondy, klínů a PCS	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

TÉMA		LEVEL I	LEVEL II	LEVEL III
1.5	Kalibrace a ověření na měrkách	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.6	Volba správné třídy zkoušení a stupně přípustnosti podle ČSN EN ISO 5817 a ČSN EN ISO 17635	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.7	Vypracování písemné návodky pro TOFD zkoušení	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.8	Praktické zkoušení a sběr dat na vzorkách	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.9	Ovládání a použití TOFD software pro analýzu	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.10	Určování pozice vad z TOFD zobrazení	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.11	Určování rozměrů vad z TOFD zobrazení	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.12	Praktické zkoušení svaru podle ČSN EN ISO 10863	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.13	Vyhodnocení svaru podle ČSN EN ISO 15626	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.14	Záznam výsledků do protokolu pro svary	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.15	Praktické zkoušení výkovků podle ČSN EN ISO 16828	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.16	Interpretace indikací z výkovků	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1.17	Záznam výsledků do protokolu pro výkovky	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>