



Pedagogická
fakulta
Faculty
of Education

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Fakulta pedagogická
Katedra aplikované fyziky a techniky

Bakalářská práce

Měření tloušťky vrstvy na kovovém
feromagnetickém a neferomagnetickém
podkladu se zaměřením na FN tloušťkoměr
CM-8856FN

Vypracoval: Milan Veselý
Vedoucí práce: PaedDr. Bedřich Veselý, Ph.D.

České Budějovice 2013

Anotace

V úvodu jsou popsány metody měření tenkých vrstev na kovových feromagnetických a neferomagnetických podkladech. Dále je vysvětlena problematika měření tenkých vrstev metodou vířivých proudů a magneticko-indukční metodou. V další části je popis měřicího přístroje digitálního tloušťkoměru CM-8856FN s kombinovanou sondou, který měří metodou vířivých proudů, ale i magnetickou metodou. V závěru je popsána typická úloha pro měření tloušťky vrstev na kovovém podkladu přístrojem CM-8856FN.

Klíčová slova

Tloušťkoměr CM-8856FN, měření tenkých vrstev, magnetická metoda, metoda vířivých proudů, ultrazvuková metoda.

Abstract

The introduction describes the measurement methods on thin layers of ferromagnetic and non-ferromagnetic bases. It further explains measuring of thin layers by Foucault currents and magnetic-induction method. The next section is describing a digital thickness gauge CM-8856FN with combined probe, which can measure by the eddy current, but also by the magnetic method. In the conclusion is description of typical exercise of measuring thickness on metal bases by CM-8856FN unit.

Keywords

Thickness gauge CM-8856FN, measurement of thin layers, magnetic method, foucault currents method, ultrasonic method.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Měření tloušťky vrstvy na kovovém feromagnetickém a neferomagnetickém podkladu se zaměřením na FN tloušťkoměr CM-8856FN vypracoval samostatně s využitím osobních zkušeností s tímto tloušťkoměrem a s použitím odborné literatury a pramenů uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě - v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum 30.4.2013

Milan Veselý

Poděkování:

Děkuji tímto vedoucímu bakalářské práce PaedDr. Bedřichu Veselému, Ph.D., za cenné rady, připomínky a vedení při tvorbě této bakalářské práce.

OBSAH

Úvod.....	07
1. Cíle práce.....	08
2. Měření tloušťky vrstev a rozdělení.....	10
3. Metoda vířivých proudů.....	10
4. Magneticko – indukční metoda.....	13
5. Ultrazvuková metoda.....	16
5.1 Průchodová metoda.....	17
5.2 Impulsová odrazová metoda.....	17
5.3 Měření tloušťky ultrazvukem.....	19
6. Magnetická metoda.....	21
6.1 Měření tloušťky povlaků magnetickým tloušťkoměrem.....	21
7. Digitální tloušťkoměr CM-8856FN.....	25
7.1 Popis.....	26
7.2 Obsluha tlačítek a specifikace přístroje.....	27
7.3 Způsob měření.....	28
7.4 Změna měřených jednotek.....	29
7.5 Výběr módu jednobodového nebo kontinuálního měření.....	29
7.6 Kalibrace.....	30
7.6.1 Nastavení nuly.....	30
7.6.2 Kalibrace na fólii.....	30
7.7 Statistika.....	32
7.8 Uložení a opětovné vyvolání dat.....	33
7.9 Vymazání naměřených dat.....	33
7.10 Přenos dat do PC.....	34
7.11 Výměna baterií.....	52

7.12 Upozornění pro uživatele.....	53
7.13 Obnovení továrního nastavení.....	53
7.14 Poznámky.....	53
7.15 Doporučení.....	54
7.16 Pravidla pro nastavení Ln hodnoty.....	54
7.17 Upozornění výrobce.....	54
8. Měření tloušťky povlaků na kovovém feromagnetickém a neferomagnetickém podkladu digitálním tloušťkoměrem CM-8856FN.....	55
Závěr.....	59

Úvod

Problematika měření tloušťky vrstev spočívá především v použití různých metod měření. Magnetickou metodu můžeme použít pouze pro měření tloušťky nemagnetických (kovových i nekovových) povlaků nanesených na magnetický podklad. Ultrazvuková metoda se převážně používá pro měření tloušťky barev, laků, plastových a dalších izolačních povlaků pokrývajících dřevo, plasty, sklo, keramiku, ale i pro vrstvy nanesené na kovových materiálech. Metoda vířivých proudů je používána pro měření elektricky nevodivých vrstev na elektricky vodivém základním materiálu. Měřicí přístroje mají označení N (nonferro). Magneticko-indukční metodu převážně používáme pro měření neferomagnetických vrstev na feromagnetickém základním materiálu. Měřicí přístroje mají označení F (ferro).

Úkolem této bakalářské práce je analýza způsobů měření tloušťky tenkých vrstev na kovovém podkladu. Utřídit obecné poznatky a metody, které se používají pro měření tloušťky vrstev na kovovém feromagnetickém a neferomagnetickém podkladu. Práce je zaměřena především na nedestruktivní metody měření, ale je v ní uvedeno i kratší pojednání o destruktivních metodách měření tloušťky vrstev.

Převážná část práce se zabývá měřením tloušťky vrstev na kovovém feromagnetickém a neferomagnetickém podkladu přístrojem CM-8856FN. Je zde popsáno jak s tímto přístrojem zacházet, jak přenést naměřené hodnoty do PC, jak nainstalovat z přiloženého CD software do PC pro vyhodnocení naměřených hodnot a co jednotlivá tlačítka uvedená na měřicím přístroji znamenají. Dále je v této práci zpracován charakteristický typ úlohy pro měření tloušťky vrstev přístrojem CM-8856FN, který bude použitelný jako metodický návod pro měření tloušťky vrstev ve školní laboratoři pedagogické fakulty.

1. Cíle bakalářské práce:

- Vyhledat vhodnou aktuální literaturu k danému tématu a seznámit se detailně s oblastí zabývající se způsoby měření tloušťky vrstvy na kovovém podkladu.
- V literatuře se zaměřit především na základní pojmy, názvosloví, jednotky, měřicí metody, chyby při měření, způsoby vyhodnocování naměřených dat a jejich interpretaci.
- V úvodu provést souhrn zásad správného měření, přehledně utřídit obecné poznatky týkající se měření tloušťky vrstev na kovovém podkladu z doporučené literatury i z dostupných důvěryhodných internetových zdrojů a vysvětlit základní pojmy tohoto měření, jak magnetickou metodou, tak metodou vířivých proudů.
- Provést výběr nejfrekventovanějších a nejvhodnějších druhů měření a metod těchto měření pro použití v laboratorních podmínkách pedagogické fakulty (dle provozních podmínek školní laboratoře) se zaměřením na měření tloušťky vrstev na kovovém podkladu přístrojem CM-8856FN. Pokusit se porovnat naměřené výsledky s naměřenými hodnotami jinými metodami měření (například ultrazvukem).
- Zvážit šíři a hloubku jednotlivých oblastí měření a upravit je tak, aby odpovídaly potřebám laboratorních měření prováděných na pedagogické fakultě.
- Seznámit se podrobně s měřicím přístrojem CM-8856FN a důkladně si prostudovat manuál k jeho použití.
- Na PC nainstalovat software pro připojení přístroje k počítači a důkladně si procvičit práci s tímto softwarem. Popsat instalaci software.
- Vypracovat přehledný a srozumitelný text, který bude použitelný jako metodický návod pro postup měření tloušťky vrstev na kovovém podkladu přístrojem CM-8856FN, návod pro zpracování naměřených dat a jejich interpretaci v měřicím protokolu.
- V rámci práce sestavit pro měření tloušťky vrstev na kovovém podkladu přístrojem CM-8856FN na pedagogické fakultě charakteristický typ úlohy a uvést postup i způsob zpracování tohoto zadání. Uvést postupy a užitá řešení do souladu s nejnovějšími normami ČSN v návaznosti na normy EN a ISO.

- Vlastní jádro mé práce bude tvořit metodická část, která bude srozumitelná, didakticky pojatá, přehledná a dobře použitelná pro vyhodnocování měření tloušťky vrstev ve školní laboratoři.
- Vybrané úlohy, typické příklady a protokoly z měření koncipovat tak, aby mohly sloužit jako návod pro zadávání úloh z oblasti měření tloušťky vrstev (v rozsahu do 4 stran).
- Pokusit se konzultovat navrženou metodiku měření s některými pracovníky měřicích pracovišť z praxe. Navštívit například Zkušební ústav materiálů, Nemanická ulice (proti prodejně Ford), Zkušební ústav lehkého průmyslu v Českých Budějovicích, Čechova 59, laboratoř podniku Robert BOSCH České Budějovice, Kněžskodvorská ulice (u bývalého n.p. Motor) atp.
- V rámci práce vytvořit přehlednou, srozumitelnou a názornou prezentaci této bakalářské práce v programu MS PowerPoint, kterou použiji při obhajobě.

2. Měření tloušťky vrstev a rozdělení

Měření tloušťky vrstev na kovovém feromagnetickém a neferomagnetickém podkladu je měření kde se jedná o tenké vrstvy řádově v desítkách mikrometrů, které lze rozdělit do dvou základních skupin:

- destruktivní
- nedestruktivní

U destruktivních metod měření tloušťky vrstev dochází k trvalému a nevratnému poškození těchto měřených vrstev i zpravidla jejich podkladu. Z tohoto důvodu nejsou tyto metody zcela ideálním řešením ve výrobních procesech s malým objemem výroby. V těchto malých výrobních procesech může být ztráta trvale poškozených výrobků měřením velmi citelná. Destruktivní metody měření tloušťky vrstev se používají hlavně tam, kde ostatní metody selhávají nebo jsou nevyhovující. Využívají se převážně u nekovových povrchů, kde bývá podklad většinou z měkkého materiálu.

U nedestruktivních metod měření tloušťky vrstev nedochází k poškození těchto měřených vrstev a ani k poškození jejich podkladu. Tyto nedestruktivní metody měření lze rozdělit na metody:

- s vířivými proudy
- magneticko - indukční
- ultrazvukové
- magnetické

Jednoduché přístroje pro měření tloušťky vrstev se nazývají tloušťkoměry, které pracují dvěma metodami v závislosti na materiálu měřené vrstvy a podkladu. [4]

3. Metoda vířivých proudů

Testování pomocí metody vířivého proudu je jedním z několika nedestruktivních metod, které používají jako základ elektromagnetismus. Vířivé proudy jsou vytvořeny při elektromagnetické indukci. Když střídavý proud prochází vodičem, vytváří se kolem vodiče magnetické pole. Velikost tohoto magnetického pole závisí na velikosti protékajícího proudu. Jestliže se další elektrický vodič dostane do takového magnetického pole, pak se v tomto vodiči bude indikovat proud. Vířivé proudy jsou

indukované elektrické proudy tekoucí po kruhové dráze. Vířivé proudy získaly svůj název z „vířů“, které tvoří kapalina nebo plyn při obtékání překážek. Jednou z hlavních výhod metody vířivých proudů jako nedestruktivního nástroje je velká různorodost měření. Vířivých proudů lze využít pro:

- zjišťování trhlin
- měření tloušťky materiálu
- měření tloušťky nátěrů
- měření vodivosti pro:
 - materiál identifikace
 - detekce tepelného poškození
 - stanovení hloubky pláště
 - kontroly tepelného zpracování

Výhody metody vířivého proudu jsou:

- je citlivý na malé trhliny a další defekty
- odhalí povrchové a blízko povrchové vady
- zkoumání dává okamžité výsledky
- vybavení je přenosné
- minimální potřebná příprava vzorků
- testovací sonda nepotřebuje přímý kontakt se součástí
- umožňuje vyšetření složitých tvarů a velikosti vodivých materiálů

Omezení metody vířivého proudu jsou:

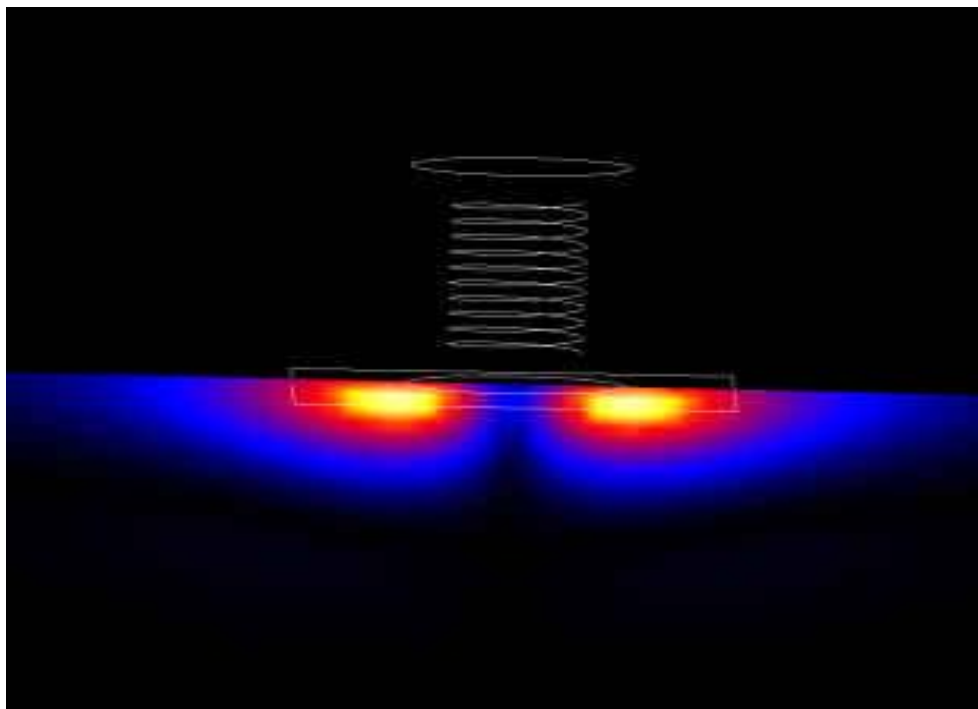
- mohou být vyšetřovány pouze vodivé materiály
- sonda musí mít dostatečný přístup k povrchu
- je nutná určitá zručnost a zaškolení, rozsáhlejší než u ostatních technik
- konečná úprava povrchu a hrbatost může být překážkou
- je potřebné nastavení pomocí etalonu
- hloubka penetrace je omezená
- nelze zjistit vady, které jsou orientovány v určitém směru

Testování pomocí metody vířivých proudů je používáno v různých průmyslových odvětvích pro hledání defektů a pro potřeby dalších měření. Hlavním významem metody je odhalování defektů za předpokladu, že dobře známe jejich povahu. Obvykle

se metoda používá pro vyšetření poměrně malých oblastí a konstrukční typ sondy a parametry testu musí být ustanoveny s dobrým pochopením vady, která je hledána. Vířivé proudy mají sklon soustředit se na povrchu materiálu, a proto mohou být užívány jen pro odhalení povrchových a podpovrchových vad. V tenkých materiálech jako například trubky vířivé proudy mohou být užívány pro změření tloušťky materiálu. Tímto se metoda vířivých proudů stává užitečným pracovním nástrojem odhalující poškození korozí a dalších poškození, která způsobují ztenčování materiálu. Technika je užívána pro měření na leteckých oplechováních a na stěnách trubek použitých ve výměnících tepla. Touto metodou lze také měřit tloušťku nátěrů a dalších povlaků. [6]

Vířivé proudy jsou také ovlivněny elektrickou vodivostí a magnetickou permeabilitou materiálů. Proto se pomocí nich mohou třídit materiály a rozeznávat, zda materiál přišel do styku s vysokou teplotou nebo byl tepelně zpracován, což mělo za následek změnu jeho vodivosti. Vířivé proudy produkují své vlastní magnetické pole, to působí společně s primárním magnetickým polem cívky. Měřením změn v odporu a impedanci cívky, můžeme shromažďovat informace o zkoušeném materiálu. Tato informace zahrnuje elektrickou vodivost a magnetickou permeabilitu materiálu a stav materiálu (to znamená, zda materiál obsahuje trhliny nebo další defekty). Vzdálenost cívky od vodivého materiálu ovlivní vzájemný indukční odpor okruhů. Toto může být užito pro měření tloušťky nevodivého nátěru jako je barva. Ten totiž udrží sondu v jisté vzdálenosti od povrchu vodivého materiálu. [6]

Vířivé proudy jsou uzavřené smyčky indukovaného proudu obíhající v rovinách kolmých k magnetickému toku. Vířivé proudy se soustředí blízko povrchu a jejich síla se snižuje s vzdáleností od cívky, jak můžeme vidět na obrázku číslo 1. [6]

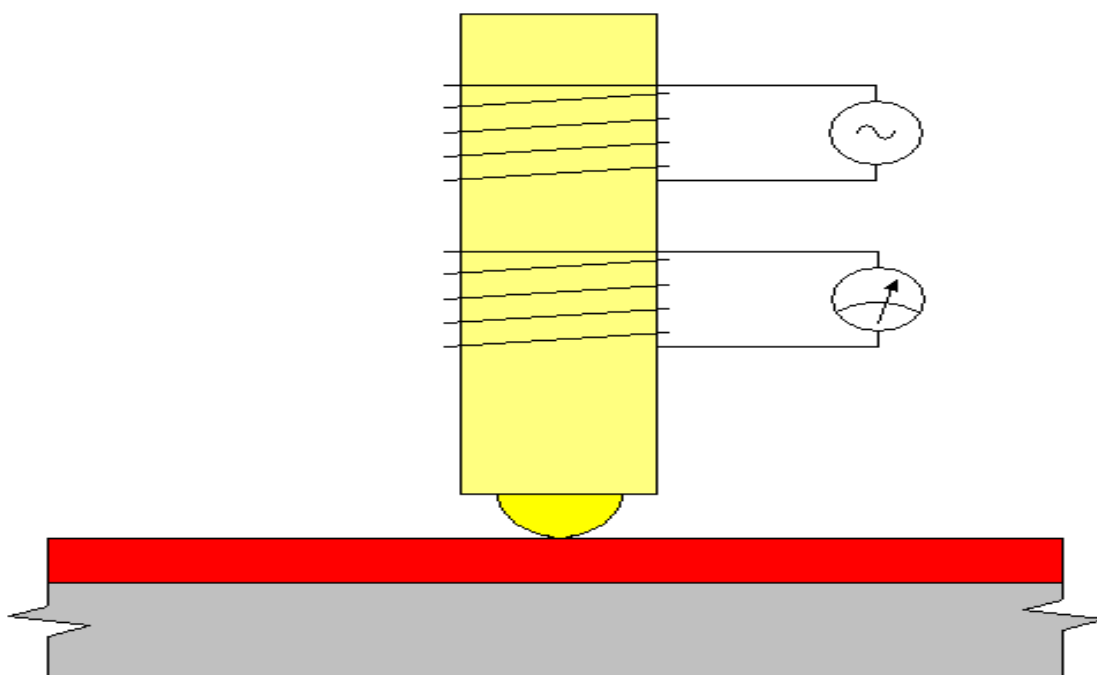


Obrázek č. 1 Intenzita vířivých proudů v materiálu

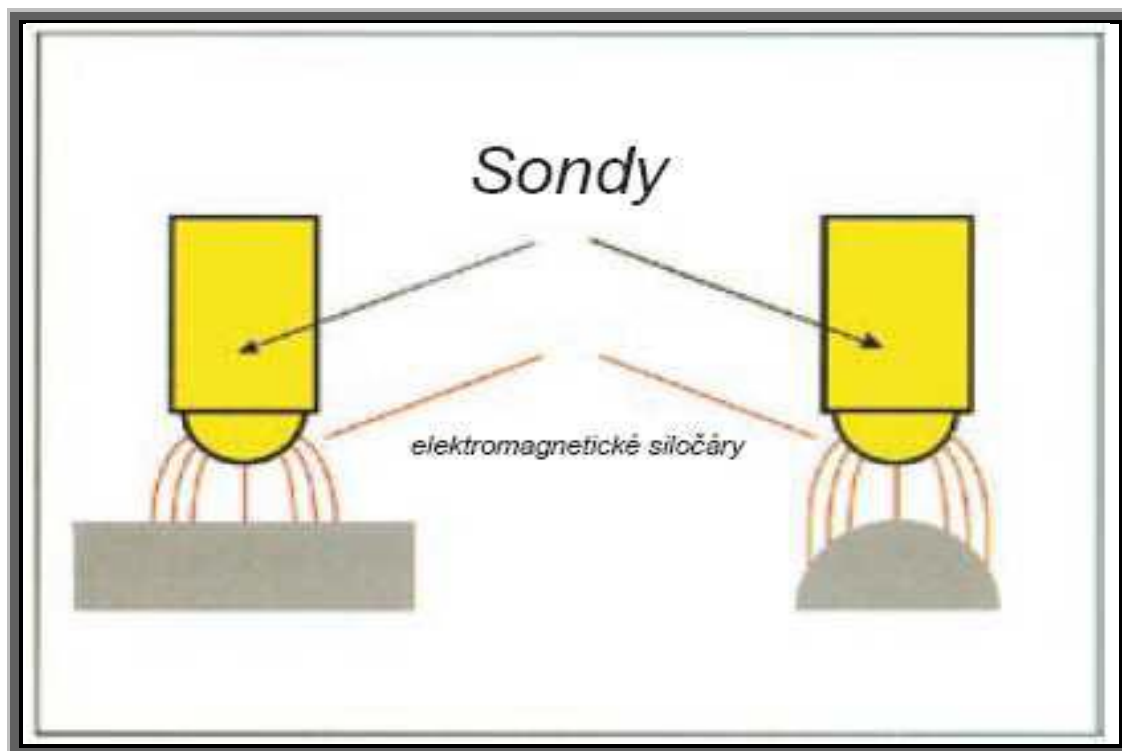
4. Magneticko – indukční metoda

Tato metoda se používá pro měření nemagnetických vrstev na magnetickém základním materiálu. Měřicí sonda obsahuje feromagnetické jádro a budící vinutí napájené střídavým proudem o nízké frekvenci. Sonda vytváří ve svém okolí elektromagnetické pole. Pokud se v blízkosti sondy nachází feromagnetický materiál, pole sondy se zesiluje. Toto zesílení je měřitelné, druhou snímací cívkou a odpovídá vzdálenosti feromagnetika od sondy. Magnetické pole se dá znázornit magnetickými siločarami. Pokud se jejich délka prodlužuje, oddaluje se feromagnetikum od sondy. [5]

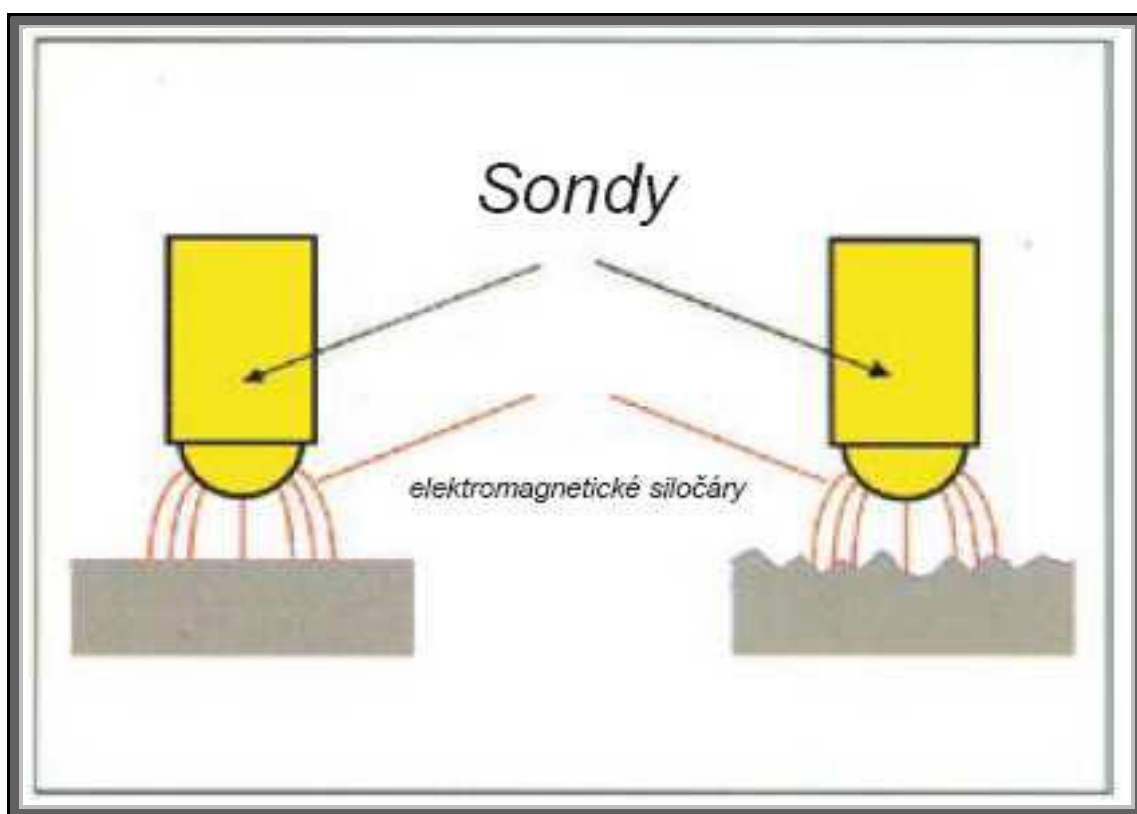
Princip snímání tloušťky je založen na měření vzdálenosti sondy od feromagnetického podkladu, metodou měření intenzity magnetického pole a je zobrazen na obrázcích číslo 2, 3, 4. [4], [10]



Obrázek č. 2 Principiální zapojení cívek na feromagnetickém jádru



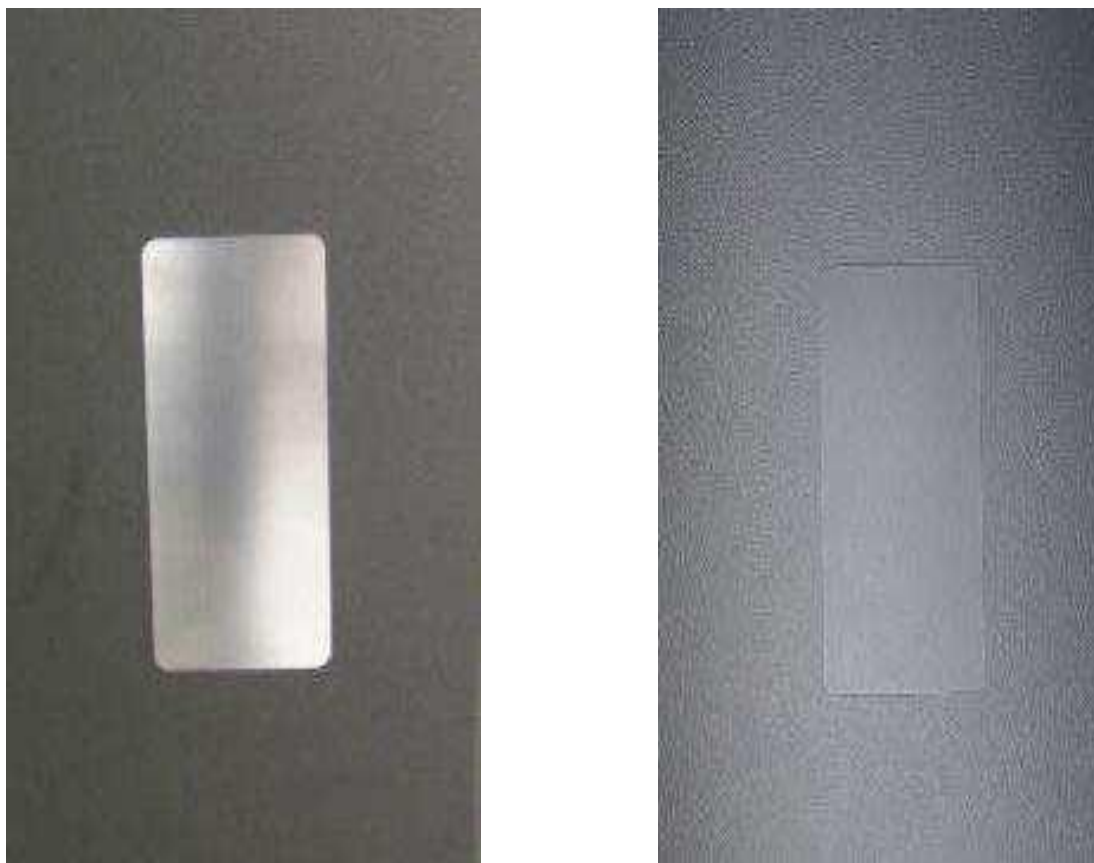
Obrázek č. 3 Zobrazení siločar na rovném a zaobleném povrchu



Obrázek č. 4 Zobrazení siločar na rovném a nerovném povrchu

Sonda přístroje se skládá z feromagnetického jádra, na kterém jsou dvě vinutí. První – budící je napájeno střídavým proudem o nízké frekvenci. Protéká-li budící cívkou elektrický proud, vytvoří se kolem ní magnetické pole se siločarami, které procházejí druhým – snímacím vinutím. Tím se v druhé cívce indukují měřitelný elektrický proud. Jestliže se do blízkosti sondy přiblíží feromagnetický materiál, zesílí se magnetické pole první cívky. Tato změna se na snímacím vinutí projeví zvětšením elektrického proudu, čehož se pak používá k určování tloušťky materiálu. [4]

Při vícevrstvěném nanášení – lakování se změní všechny nanesené nemagnetické vrstvy jako jeden celek. Chceme-li měřit vrstvy na nemagnetickém povrchu touto metodou, můžeme si snadno pomoci. Jestliže máme proces, u kterého je zaručená jeho opakovatelnost za stejných podmínek, přilepíme například na plastový díl destičku (ocelový plíšek) z magnetického materiálu a komplet přelakujeme. V tomto případě se dá využít magneticko-indukční metody, kdy je měření podrobena právě daná destička, která je vyobrazena na obrázku číslo 5. [4]



Obrázek č. 5 Pomocný plíšek před lakováním a po lakování

Získaná hodnota je pak vztažena k plastu. Podmínka dodržení stejných podmínek v procesu je nezbytná, protože takovéto změření tloušťky je pomocné a nalakované díly se bez feromagnetické destičky podrobit měření touto metodou nedají. Tohoto postupu se využívá především u nekovových materiálů s hrubým nebo dezénovaným povrchem, kde není stejná tloušťka laku na celé lakované ploše. Při využití magneticko-indukční metody v případě lepení feromagnetických testovacích destiček na nekovové materiály, je nutné zajistit jejich dostatečnou velikost. Ta ovlivňuje přesnost výsledných hodnot. Při okrajích destiček se totiž hromadí více laku než na středu. Zajištěním velikosti plíšku alespoň 10 x 10 cm se mohou očekávat přesnější výsledky. [4]

5. Ultrazvuková metoda

Ultrazvuk jsou mechanické kmity částic prostředí kolem rovnovážné klidové polohy o frekvencích vyšších než 20 kHz (neslyšitelné frekvence). Ultrazvukové vlny šířící se prostředím mohou být různého druhu (především podélné a příčné) a vzájemně se liší způsobem pohybu částic v prostředí vzhledem ke směru šíření této vlny.

V neohraničeném prostředí je rychlost šíření ultrazvukových vln konstantní a je závislá na modulu pružnosti a hustotě prostředí. Šíření ultrazvukových vln je ovlivněno každým rozhraním, na kterém pak nastává odraz vln respektive při šikmém dopadu i lom vlny. Pro zkoušení materiálu se používá:

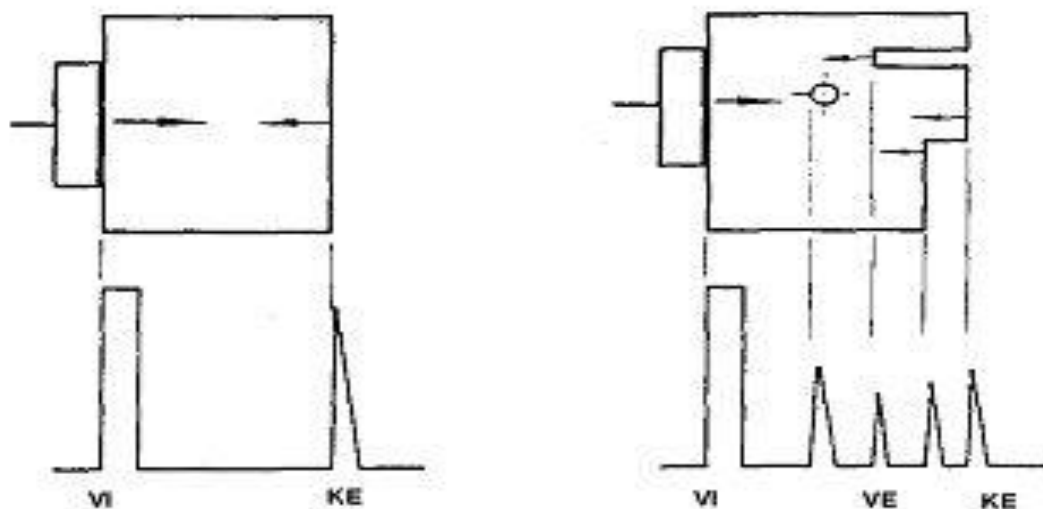
- průchodová metoda
- impulsová odrazová metoda

5.1 Průchodová metoda

Při této metodě se musí používat dvě pokud možno stejné sondy, které jsou umístěny proti sobě na protilehlém povrchu výrobku. Jedna sonda slouží jako vysílací, druhá sonda jako přijímací. Při této metodě nelze určovat polohu vady ve směru tloušťky a hodnotí se jakost podle množství průchodu ultrazvukové energie, obvykle v procentech. Princip průchodové metody je zobrazen na obrázku číslo 6 vlevo. [8]

5.2 Impulsová odrazová metoda

Při této metodě se do materiálu vysílá ultrazvukovou sondou krátký ultrazvukový impuls, který se odráží od všech rozhraní, tedy od vnitřních vad i od protilehlého povrchu výrobku. V okamžiku vysílání ultrazvukového impulsu se na stínítku obrazovky objeví tak zvaný vysílací impuls (VI). Po kalibraci ultrazvukového přístroje se za dobu odpovídající dvojnásobku vzdálenosti vady od sondy objeví na stínítku impuls tak zvané vadové echo (VE) a dále koncové echo (KE) to je odraz od protilehlé stěny výrobku. Princip impulsové metody odrazové je zobrazen na obrázku číslo 6 vpravo. [8]



Obrázek č. 6 Princip průchodové metody (vlevo) a odrazové metody (vpravo)

Rychlost šíření ultrazvukových vln v homogenním prostředí je konstantní a závisí na modulu pružnosti a hustotě prostředí ($E = c \cdot \rho$). Rychlost je definována následujícím vztahem:

$c = \frac{2d}{t}$	$c = \frac{d}{t}$
platí pro odrazovou metodu	pro průchodovou metodu
– c = rychlost šíření uz vln v prostředí; – d = tloušťka prostředí; – t = doba průchodu uz vlny prostředím.	

Rychlost šíření ultrazvukových vln je materiálová konstanta, na které závisí dráha, jakou ultrazvuk v příslušném materiálu proběhne za jednotku času. Pro průchod nejmenší měřitelné dráhy tedy potřebuje ultrazvuková vlna pro rozdílné materiály i rozdílnou dobu průchodu. Hodnota rychlosti šíření ultrazvukové vlny je uváděna v odborné literatuře pro řadu známých materiálů. Některé informativní hodnoty rychlosti šíření ultrazvukových podélných vln jsou uvedeny v tabulce číslo 1. [8]

Materiál	Rychlost uz podélných vln m/s
ocel feritická	5 920
litina	3 500 až 5 600
titan	6 100
hliník	6 320
měď	4 600
plasty	1 800 až 2 680
voda	1 480 až 1 500
Upozornění: uvedené hodnoty jsou informativní. Skutečné hodnoty závisí na složení materiálu, teplotě a zpracování.	

Tabulka č. 1 Rychlost šíření ultrazvukových vln ve vybraných materiálech

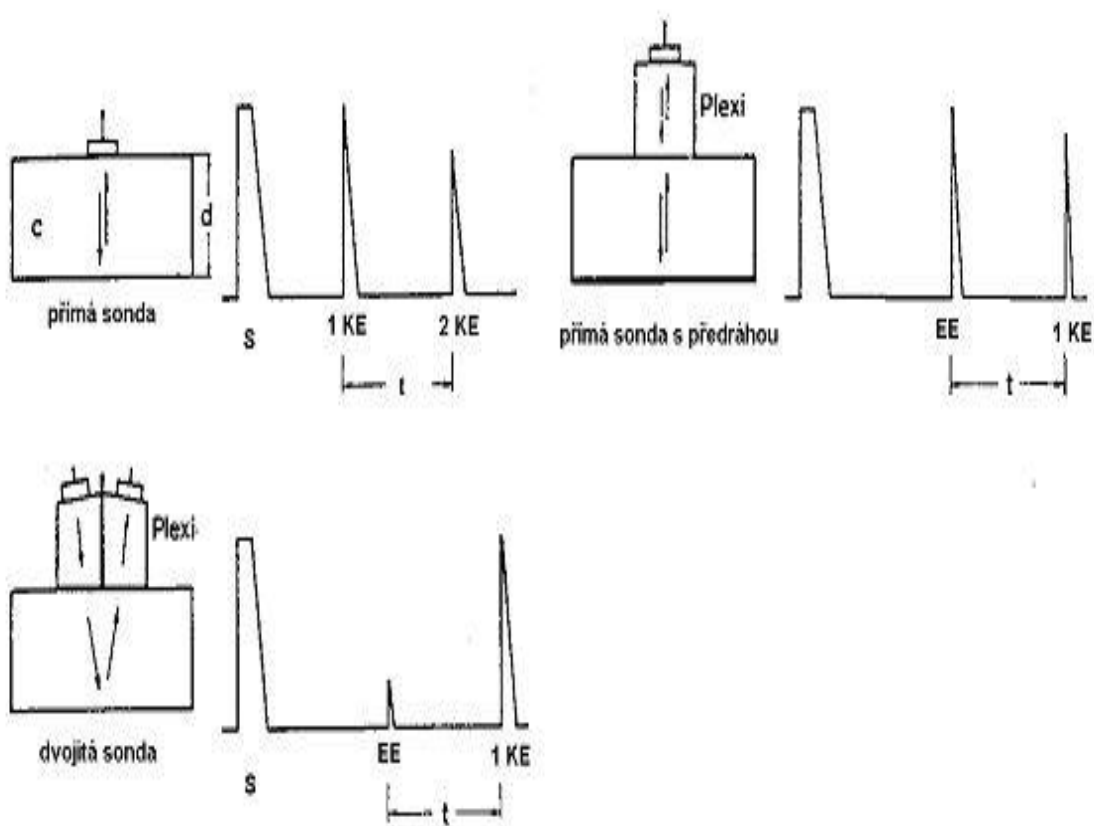
5.3 Měření tloušťky ultrazvukem

Měření tloušťky je nejrozšířenější aplikací ultrazvukového zkoušení. Nejčastěji se pro měření tloušťky používají ultrazvukové tloušťkoměry především z důvodu poměrně jednoduchých a lehce přenosných přístrojů, které mají dostačující přesnost měření. Pro měření tloušťky lze rovněž použít také klasický ultrazvukový přístroj (defektoskop).

Princip funkce ultrazvukových tloušťkoměrů je založen na měření doby průchodu ultrazvukového svazku materiálem. Doba průchodu (čas) je pak násoben materiálovou konstantou, kterou je rychlost šíření ultrazvukových vln v měřeném materiálu. Tloušťka součásti nebo konstrukce je tedy určena přesným měřením času, který potřebuje krátký ultrazvukový impuls generovaný měničem k průchodu tloušťkou materiálu jednou, dvakrát nebo vícekrát. Jestliže bude hodnota rychlosti šíření vln, nastavená u přístroje odpovídat rychlosti šíření vln ve zkoušeném materiálu, pak budou chyby měření sníženy na minimum.

Způsoby měření tloušťky:

- měření doby průchodu mezi vysílacím impulsem a prvním zpět odraženým echem, po odečtení korekce nuly k vyrovnání tloušťky ochranné vrstvy sondy a vrstvy akustického prostředku (technika prvního echa)
- měření doby průchodu mezi koncem tělesa předdráhy a prvním koncovým echem (technika prvního echa s předdráhou)
- měření doby průchodu mezi koncovými echy (technika vícenásobných ech)



Obrázek č. 7 Principy možností měření tloušťky ultrazvukem

K měření tloušťky se u různých tloušťkoměrů používají různé typy ultrazvukových sond (dvojité, přímé, přímé s předdráhou), které generují podélné ultrazvukové vlny. Sonden se vyrábějí s různou frekvencí (2 MHz až 10 MHz), typem tlumení, s rozměry kontaktní plochy (měničů). Sonden jsou použitelné pro běžné teploty povrchu (zhruba do 60 °C). Podle typu sond je i dána možnost přesnosti měření. Přesnost měření závisí na přesnosti určení doby průchodu. Proto je nutná maximální strmost náběžné hrany

impulsu, kterou dávají pouze silně tlumené širokopásmové sondy. Většina ultrazvukových tloušťkoměrů používá pro běžné měření tloušťky, například zjišťování korozních úbytků, dvojité sondy, u kterých se uvažuje o přesnosti výsledků měření 0,1 mm. Některé speciální sondy mají přesnost až 0,01 mm nebo 0,001 mm. Tato měření však vyžadují dokonale kvalitní povrchy, to je povrch pro přiložení sondy i odrazový povrch, a oba povrchy musí být rovnoběžné. [8]

6. Magnetická metoda

Tato metoda se řadí mezi nejjednodušší způsoby měření tloušťky nemagnetických vrstev a to jak kovových, tak i nekovových. Podklad musí být z magnetického materiálu, jak napovídá název metody. [4]

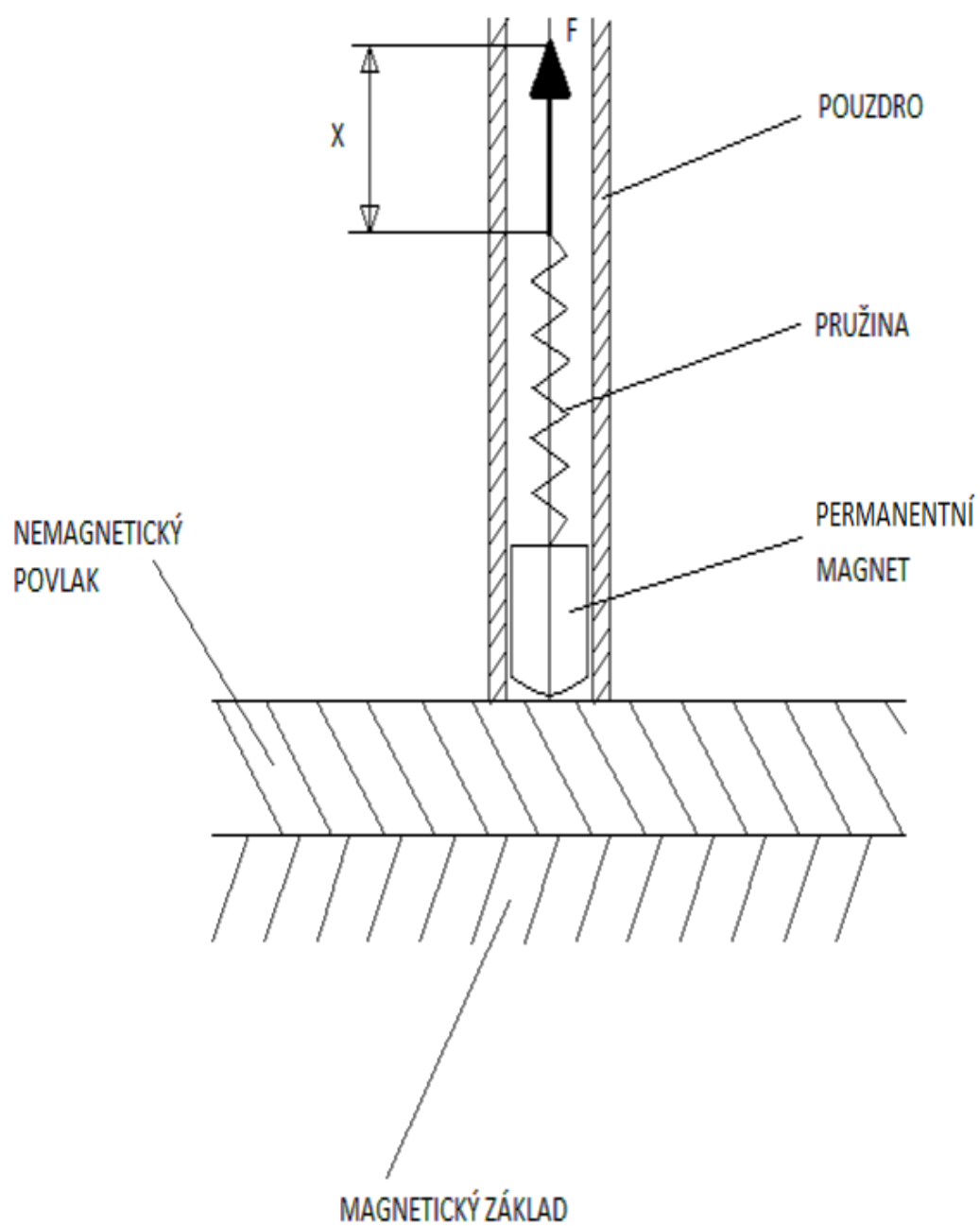
6.1 Měření tloušťky povlaků magnetickým tloušťkoměrem

Tato metoda je používána v laboratorních podmínkách pedagogické fakulty Jihočeské univerzity ve školní laboratoři při měření tloušťky vrstev na kovovém podkladu. Na obrázku číslo 8 je magnetický tloušťkoměr, který je používán ve školní laboratoři pedagogické fakulty Jihočeské univerzity. [2]



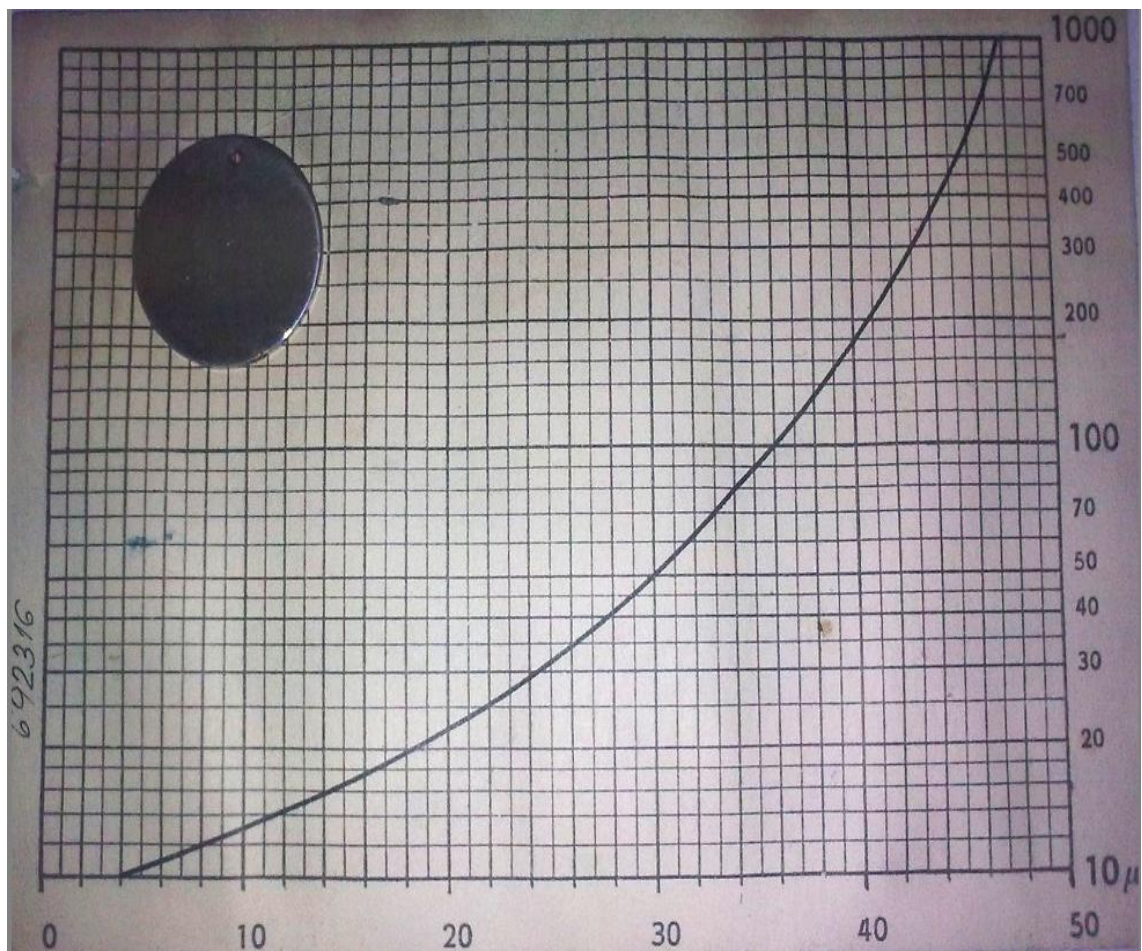
Obrázek č. 8 Magnetický tloušťkoměr

Princip funkce této metody spočívá v tom, že je-li na magnetickém základním kovu nemagnetická mezivrstva, bude síla F , potřebná k odtržení tělíska permanentního magnetu tím menší, čím větší bude tloušťka mezivrstvy. Jelikož síla F je opět úměrná natažení pružiny o hodnotu X , bude i natažení pružiny o hodnotu X vždy menší při větší tloušťce vrstvy. Hodnoty X se odečítají na stupnici tloušťkoměru v dílcích. Princip funkce magnetického tloušťkoměru je zobrazen na obrázku číslo 9. [2]



Obrázek č. 9 Princip funkce magnetického tloušťkoměru

Tyto hodnoty X se zaznamenávají do vyhodnocovacího diagramu a z těchto hodnot pomocí křivítka sestrojíme cejchovní křivku, ze které je potom možné odečíst tloušťku povlaku v μm . Tento vyhodnocovací diagram je zobrazen na obrázku číslo 10. [2]



Obrázek č. 10 Vyhodnocovací diagram

7. Digitální tloušťkoměr CM-8856FN



Obrázek č. 11 Digitální tloušťkoměr CM-8856FN v rozebraném stavu



Obrázek č. 12 Digitální tloušťkoměr CM-8856FN ve složeném stavu

7.1 Popis

Na obrázku číslo 11 je vyobrazen digitální tloušťkoměr v rozebraném stavu. Na obrázku číslo 12 je vyobrazen digitální tloušťkoměr s připojenou měřicí sondou a přenosovým kabelem. Tento tloušťkoměr je určen pro měření tloušťky nátěru povlaku (například barva, laky, plasty, pryž, keramika, epoxidové pryskyřice, práškové povlaky) na kovovém feromagnetickém podkladu (například železo, ocel, nikl a podobně). Také se používá pro měření galvanických vrstev, laků, fosfátových vrstev, některých slitin a papíru. Tloušťkoměr má kombinovaný typ sondy, a proto je schopen měřit tloušťku neferomagnetických vrstev nátěru na neferomagnetických typech podkladu. Přístroj

je vhodný pro použití jak v laboratořích, tak ve ztížených podmínkách. Jeho sonda automaticky rozpozná podklad, přístroj se automaticky vypne, když není používán. Má dva měřicí módy:

- jednobodový
- kontinuální

Dále má velký rozsah a vysoké rozlišení. Měří ve dvou soustavách a to v:

- metrické
- imperiální

Digitální a podsvícený displej nám poskytuje přesné hodnoty. Při použití trvanlivých komponentů jako je například pevný, ale přesto lehký obal zaručující snadnou údržbu a trvanlivost přístroje se zvyšuje doba jeho životnosti. Obal přístroje je zhotoven tak, aby padl přesně do ruky. Za pomoci dalšího příslušenství jako je datový kabel pro RS232 rozhraní a softwaru pro PC máme možnost přímého stahování dat při měření, jejich uchovávání, zobrazení statistických hodnot a tisk dat. Pomocí kablíku komunikuje s počítačem pro uložení statistiky a má paměť pro 99 naměřených hodnot. [1]

7.2 Obsluha tlačítek a specifikace přístroje

Digitální tloušťkoměr můžeme obsluhovat čtyřmi základními tlačítky, která mají tyto funkce:

POWER	- zapnutí a vypnutí přístroje, další funkce
μm/mil	- přepínání jednotek
ZERO	- vynulování při kalibraci na podkladu
šipka nahoru a dolů	- kalibrace na fóliích (úprava hodnot dle kalibrační fólie nahoru nebo dolů) [1]

Displej	LCD displej, 4číslný podsvícený
Velikost displeje	12 mm x 42 mm
Rozsah měření	0 - 1250 μm nebo 0 - 250 mil
Jednotky	metrické - μm , imperiální - mil
Rozlišení	0,1 μm do 100 μm / 1 μm nad 100 μm
Přesnost měření	± 1 až 3 % nebo $\pm 3 \mu\text{m}$
Minimální požadovaná tloušťka podkladu	0,3 mm
Identifikace podkladu	automatická
Způsob měření	jednotlivé nebo kontinuální
Váha (bez baterií)	81 gramů
Rozměry	126 mm x 65 mm x 27 mm
Pracovní teplota	0 - 50 °C
Datový výstup	RS - 232 C
Typ baterií	2 x 1,5 V AAA
Indikátor baterií	zvuková signalizace při slabých
Provozní podmínky	teplota okolí 0 - 50 °C, vlhkost okolí < 80 %

Tabulka č. 2 Specifikace přístroje

7.3 Způsob měření

FN sondu, která je na obrázku číslo 13 zastrčíme do přístroje a pomocí závitů ji přišroubujeme pevně k přístroji. Pro zapnutí přístroje zmáčkeme červené tlačítko POWER. Na displeji se zobrazí 0. Přístroj obnoví sám svůj stav podle posledního měření a na displeji se zobrazí Fe nebo NFe. Tím se přístroj automaticky nastaví podle typu podkladu. Přiložíme sondu kolmo na povrch měřeného vzorku a provedeme měření. Naměřená hodnota se zobrazí na displeji. Pro provedení dalšího měření odejmeme a znovu přiložíme sondu k měřenému povrchu. Pro upravení výsledku měření a kalibrace přístroje použijeme šipku nahoru nebo dolů tak, až se přiblížíme co nejvíce k dané tloušťce povlaku (fólie). Pro další měření pouze odejmeme sondu od podkladu více než 1 cm a znovu přiložíme k podkladu. Jestliže budeme potřebovat přesnější měření, musíme přístroj překalibrovat před započítím měření. Kalibraci je nutno provádět zejména při změně měřené tloušťky vrstvy. Přístroj vypneme pomocí zmáčknutého tlačítka POWER, nebo se sám automaticky vypne po 50 sekundách nečinnosti. [1]



Obrázek č. 13 FN sonda

7.4 Změna měřených jednotek μm a mil

Zmáčkneme tlačítko POWER a jeho přidržení (zhruba 7 sekund) by se měl na displeji zobrazit nápis UNIT, poté se jednotky automaticky změní. [1]

7.5 Výběr módu jednobodového nebo kontinuálního měření

Zmáčkneme tlačítko POWER a držíme tak dlouho, dokud se na displeji nezobrazí nápis „SC“ a poté klávesu POWER pustíme. Pokud se na displeji zobrazí symbol ((•)) tak se nacházíme v kontinuálním měřicím módu, pokud se na displeji zobrazí „SC“ nacházíme se v jednobodovém měřicím módu. Když je na displeji v průběhu měření znázorněn symbol ((•)), tak se nacházíme v módu kontinuálního měření, pokud v průběhu měření na displeji přístroje tento symbol není tak se nacházíme v jednobodovém měřicím módu.

Pokud k měření používáme kontinuálního měřicího módu tak musíme dbát zvýšené opatrnosti. Sonda se při tomto typu měření více opotřebovává (obrušuje). Riziko obroušení sondy je tím větší, čím drsnější je měřený povrch. Pokud chceme sondu

zachovat dlouho funkční, musíme používat tohoto měřicího módu ve značně omezené míře. [1]

7.6 Kalibrace

7.6.1 Nastavení nuly

Opatrně přiložíme sondu na feromagnetický podklad nebo feromagnetickou kalibrační destičku, která je zobrazena na obrázku číslo 14. Zmáčkne tlačítko ZERO a přístroj se tak kalibruje na nulu, která se zobrazí na displeji. Nemačkáme nulu (tlačítko ZERO) pokud sonda není přiložena na nenatřeném podkladě nebo nulovací kalibrační destičce, protože by pak byla kalibrace neplatná. [1]



Obrázek č. 14 Kalibrační destičky

7.6.2 Kalibrace na fólii

Vybereme tloušťku kalibrační fólie, která je vyobrazena na obrázku číslo 15 a na obrázku číslo 16 dle předpokládané tloušťky nátěru. Kalibrační fólii položíme

na nenatřený podklad nebo přiloženou kalibrační destičku a provedeme několik měření přiložením sondy. Sondu přikládáme vždy pomalu a opatrně, tak aby nedošlo k poškození kalibrační fólie. Naměřená hodnota se zobrazí na displeji.

Pokud je naměřená hodnota jiná než je napsaná na kalibrační fólii, tak pomocí tlačítek nahoru nebo dolů srovnáme hodnotu na displeji tak, aby byla stejná jako na kalibrační fólii. Pro dosažení vyšší přesnosti kalibraci opakujeme tak dlouho, až bude hodnota na displeji shodná s kalibrační fólií. [1]



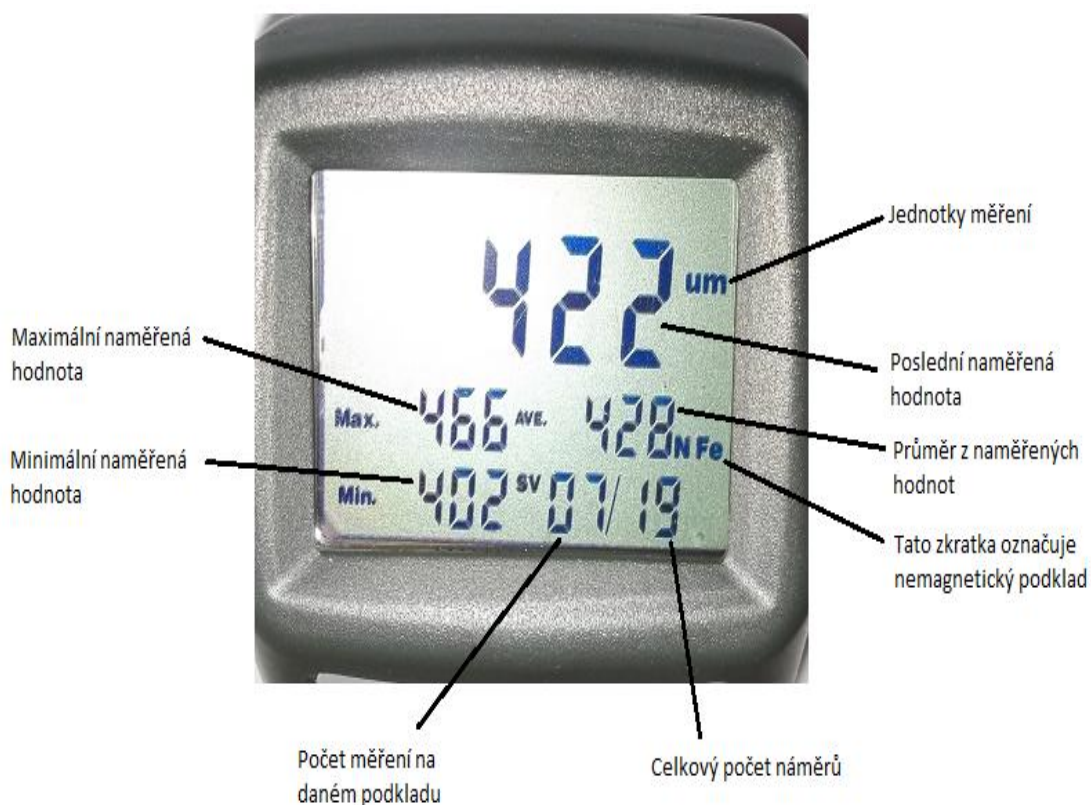
Obrázek č. 15 Kalibrační fólie



Obrázek č. 16 Kalibrační fólie

7.7 Statistika

Přístroj automaticky počítá a zobrazuje statistiku naměřených hodnot tak, jak byly naměřeny. Statistika ukazuje poslední naměřenou hodnotu, průměrnou hodnotu, nejvyšší naměřenou hodnotu, nejnižší naměřenou hodnotu a celkový počet měření. Tato statistika je názorně zobrazena na obrázku číslo 17. Před započítáním nových měření smažeme statistická data tak, že přidržíme tlačítko ZERO, anebo jednotlivě krok po kroku pomocí tlačítka DEL. [1]



Obrázek č. 17 Popis zobrazovaných hodnot na displeji

7.8 Uložení a opětovné vyvolání dat

Naměřené hodnoty se ukládají do paměti přístroje automaticky. Tyto naměřená data můžeme, pak zobrazit pomocí tlačítka READ. V módu prohlížení mohou být všechna naměřená data uložena a znovu zobrazena pomocí stisku šipek nahoru nebo dolů. K vymazání jednotlivých naměřených a uložených hodnot, nalezneme pomocí šipek nahoru nebo dolů hodnotu, kterou chceme vymazat, a poté stiskneme tlačítko DEL. Pokud se na displeji přístroje objeví zkratka Err0, tak to znamená, že v paměti přístroje již nemáme žádná uložená data. [1]

7.9 Vymazání naměřených dat

Pro vymazání naměřených hodnot jednoduše stiskneme tlačítko DEL neohledě na to, zda měříme v módu jednobodovém či kontinuálním. Pro smazání veškerých naměřených hodnot musíme stisknout a po dobu 4 sekund držet tlačítko DEL dokud nebudou všechna data kompletně vymazána. [1]

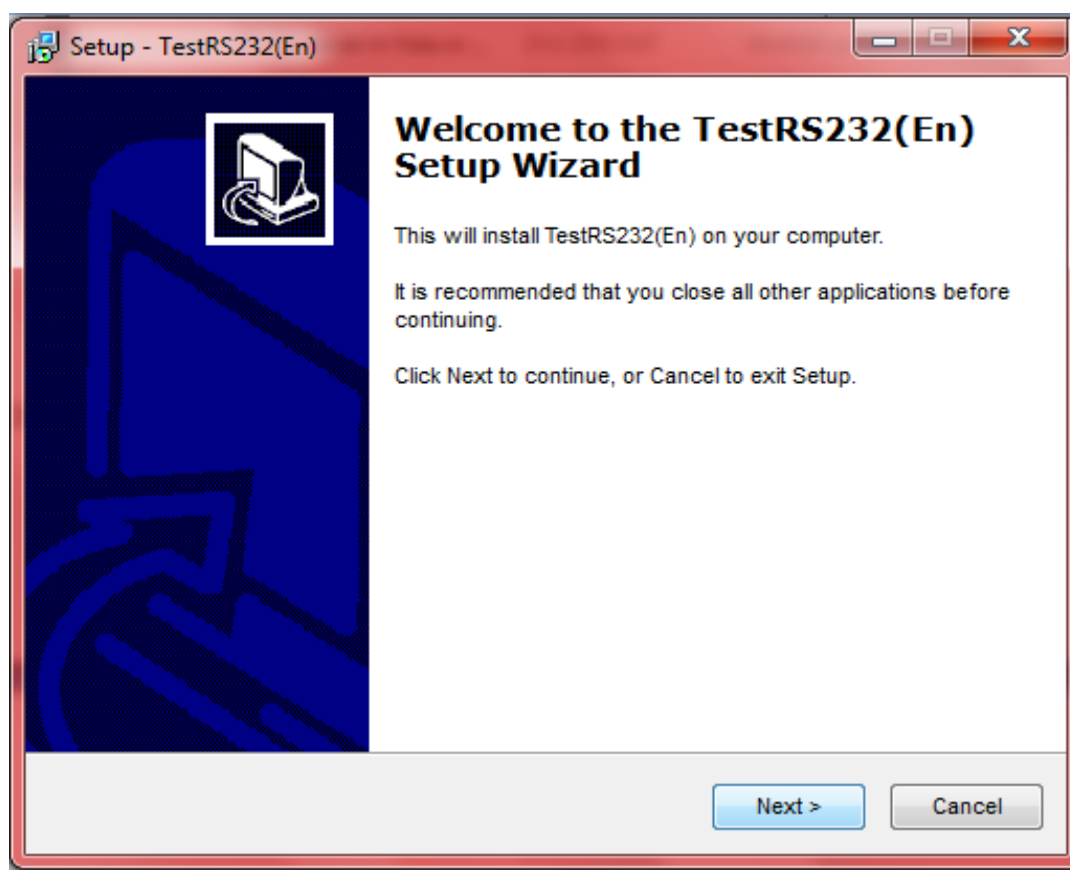
7.10 Přenos dat do PC

Pro přenos naměřených dat do PC musíme nejprve do PC nainstalovat software měřicího přístroje, který je uložen na přiloženém disku. Přiložený disk vložíme do mechaniky a po otevření souborů uložených na disku vybereme soubor TestSetup.en jak je znázorněno na obrázku číslo 18 pomocí, kterého se nám potřebný software nainstaluje do PC.

Název položky	Datum změny	Typ	Velikost
Soubory uložené na disku (6)			
AUTORUN	13.12.2007 9:21	Instalační informa...	1 kB
AUTORUN	13.12.2007 9:20	Nastavení konfigu...	1 kB
How to install USB-232 driver in Vista or ...	20.6.2009 6:00	Videoklip	27 773 kB
How to install USB-232 driver in Vista or ...	20.6.2009 6:07	WinRAR archiv	8 984 kB
TestSetup.en	15.1.2011 7:10	Aplikace	7 113 kB
TestSetup.en	15.1.2011 7:12	WinRAR archiv	6 648 kB
Soubory připravené k zápisu na disk (1)			
desktop	26.6.2011 1:18	Nastavení konfigu...	1 kB

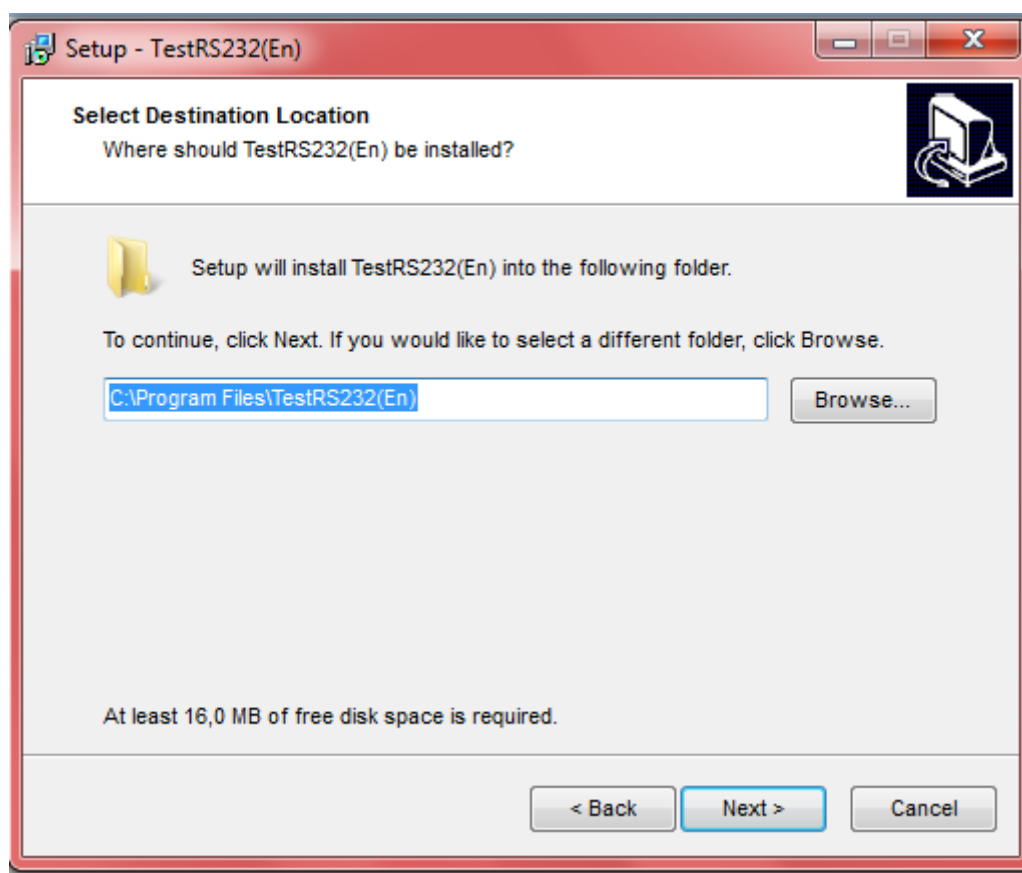
Obrázek č. 18 Výběr instalačního souboru

Dvojitým klikem myši na tento soubor se nám otevře průvodce instalací. V prvním okně tohoto průvodce myší vybereme volbu next pro přechod na další stranu jak je znázorněno na obrázku číslo 19.



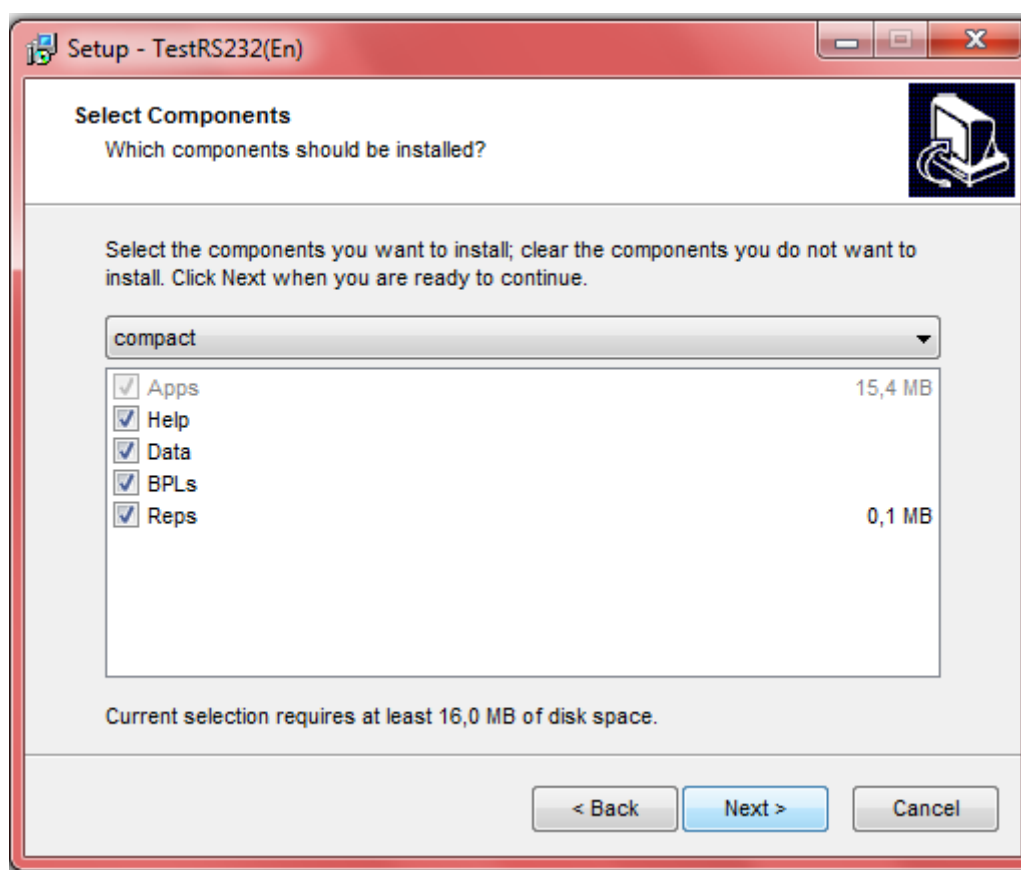
Obrázek č. 19 Průvodce instalací

Po přechodu na další stranu průvodce musíme vybrat adresář, do kterého se nám bude potřebný software instalovat. Tento krok je zobrazen na obrázku číslo 20.



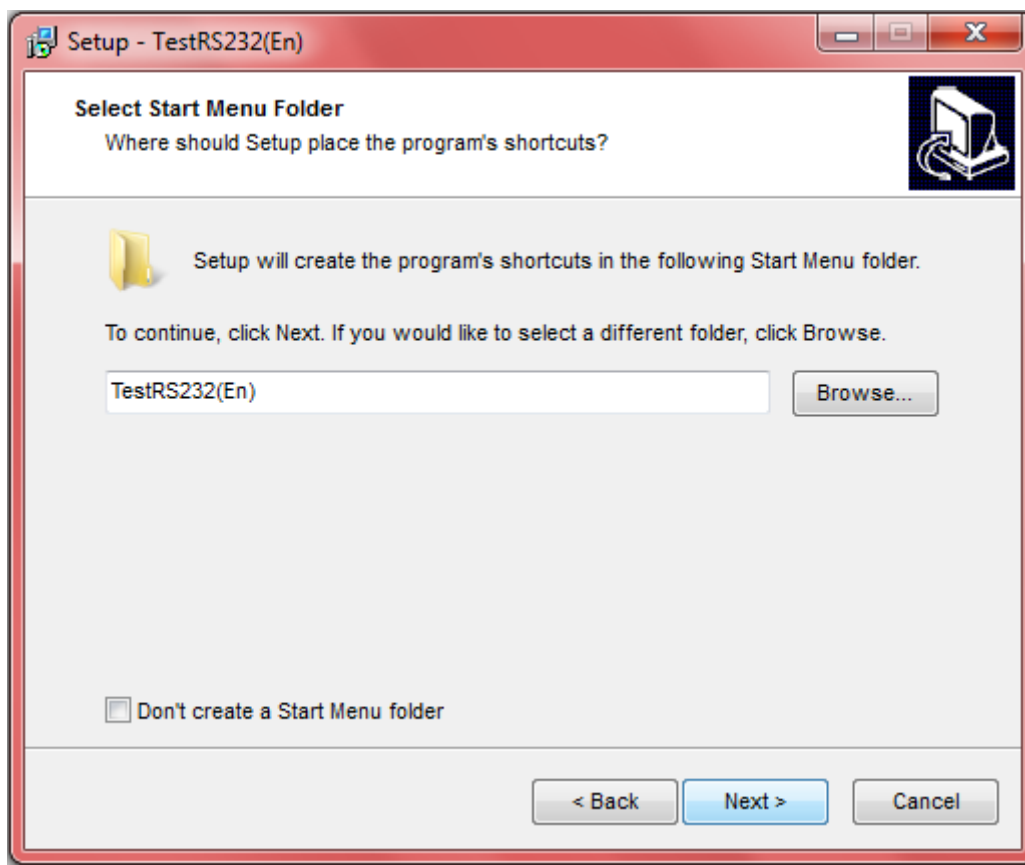
Obrázek č. 20 Výběr adresáře pro instalaci

Po výběru adresáře instalace opět myší vybereme tlačítko next a přejdeme na další stranu průvodce. Na této straně průvodce vybereme součásti, které by měli být instalovány. Výběr těchto součástí je zobrazen na obrázku číslo 21.



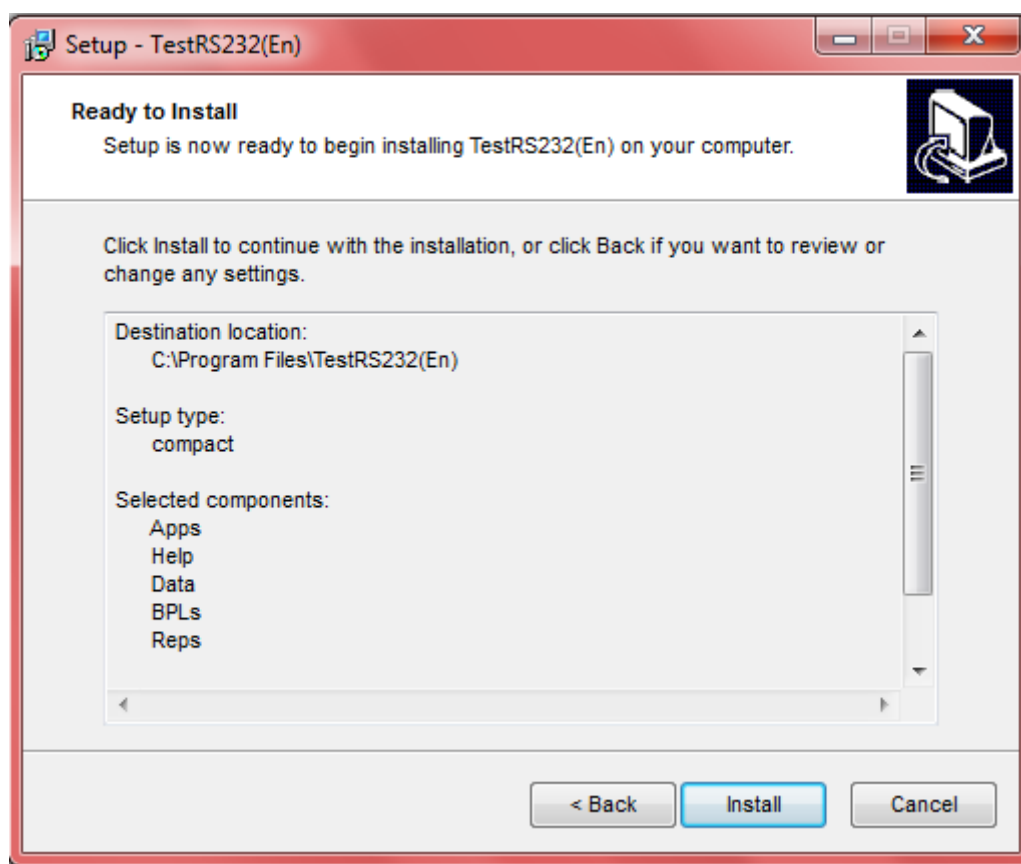
Obrázek č. 21 Výběr součástí k instalaci

Poté co vybereme součásti, které se mají nainstalovat, opět myší vybereme tlačítko next a přejdeme na další stranu průvodce. Na této straně vybereme místo, kde by měl být zřízen zástupce pro rychlé spouštění nainstalovaného programu. Tento výběr je zobrazen na obrázku číslo 22.



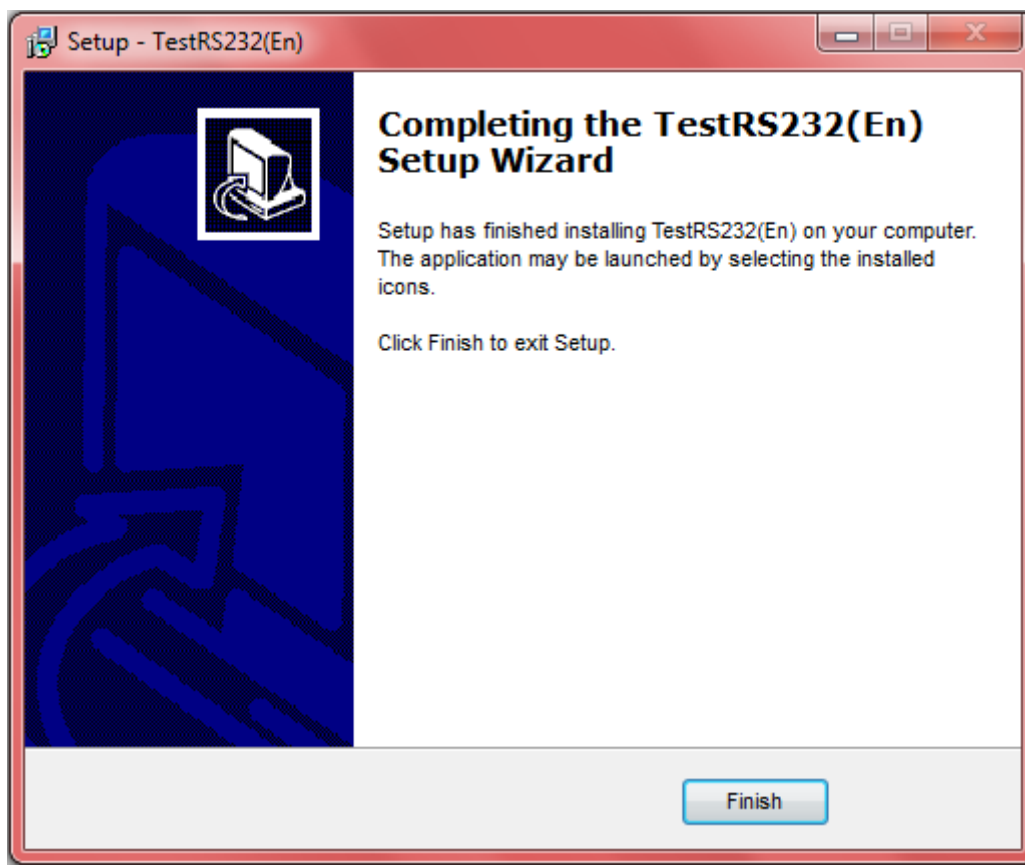
Obrázek č. 22 Výběr místa pro zástupce programu

Po ukončení výběru místa pro zástupce rychlého spouštění programu, myší zvolíme tlačítko next a opět přejdeme na další stranu tohoto průvodce instalace. Na další a zároveň předposlední straně průvodce je zrekapitulováno, to co jsme si na předchozích stranách průvodce navolili. Na této předposlední straně pustíme samotnou instalaci pomocí myši a tlačítka install. Vše je znázorněno na obrázku číslo 23.



Obrázek č. 23 Instalace software

Zmáčknutím tlačítka install se rozběhne samotná instalace a vše co jsme si v jejím průvodci navolili, se nám nainstaluje do příslušného PC. Pro správné dokončení instalace software musíme ještě na posledním listu instalace zmáčknout tlačítko finish. Tímto krokem je instalace software kompletně dokončena. Tento poslední krok je zobrazen na obrázku číslo 24.



Obrázek č. 24 Dokončení instalace

Poté musíme připojit měřicí přístroj k PC pomocí optimálního kablíku, který je zobrazen na obrázku číslo 26. Dále musíme zapnout měřicí přístroj a ujistit se, že máme zobrazen mód pro zobrazení naměřených hodnot. Pomocí nainstalovaného zástupce, který je vyobrazen na obrázku číslo 25, spustíme vyhodnocovací program a provedeme jednoduchá nastavení v tomto programu, pro přenos naměřených dat z digitálního tloušťkoměru do PC. [1]



Obrázek č. 25 Zástupce pro spuštění vyhodnocovacího programu



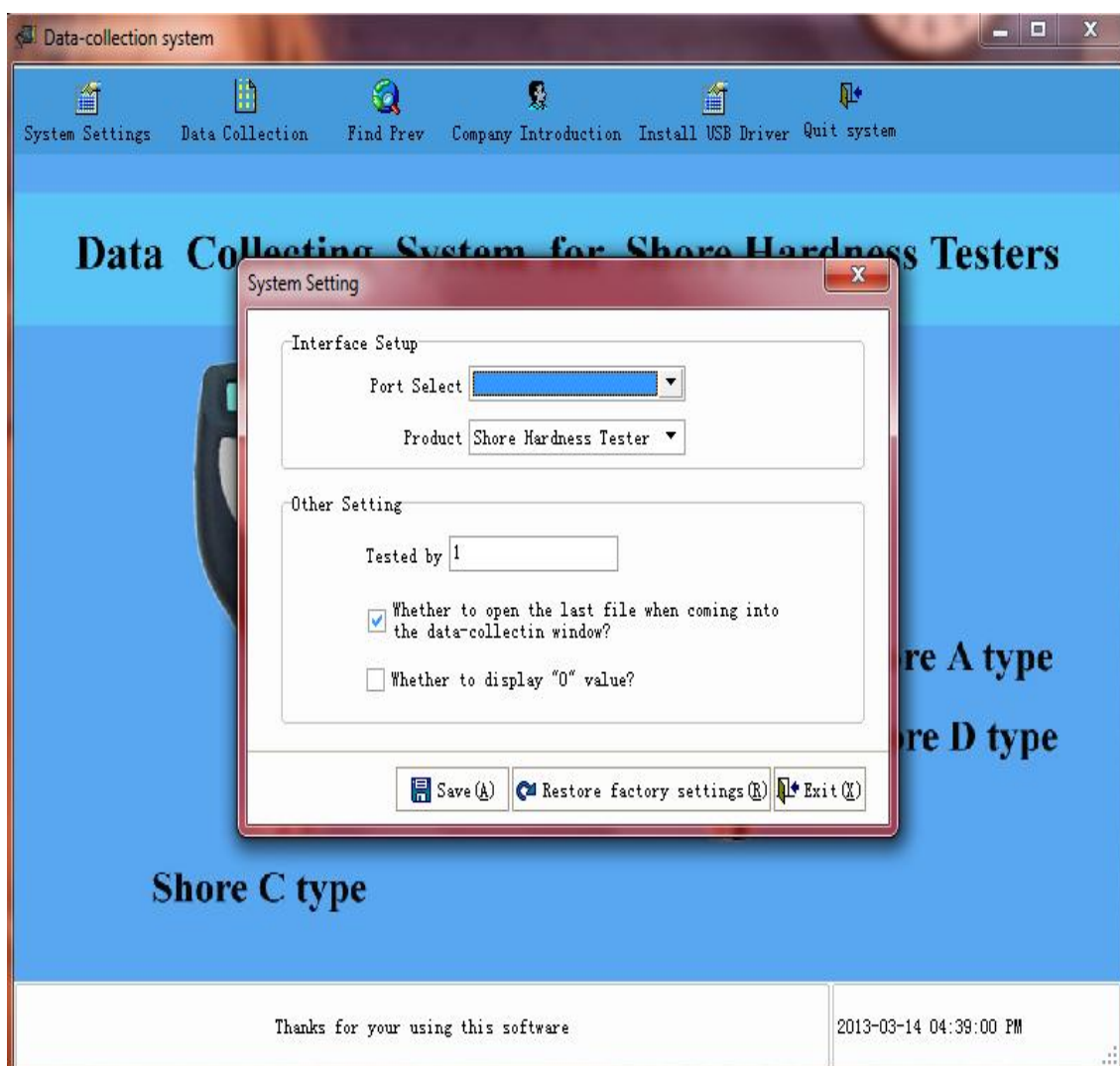
Obrázek č. 26 Přenosový datový kabel

Po spuštění programu se objeví hlavní menu, které vidíme na obrázku číslo 27.



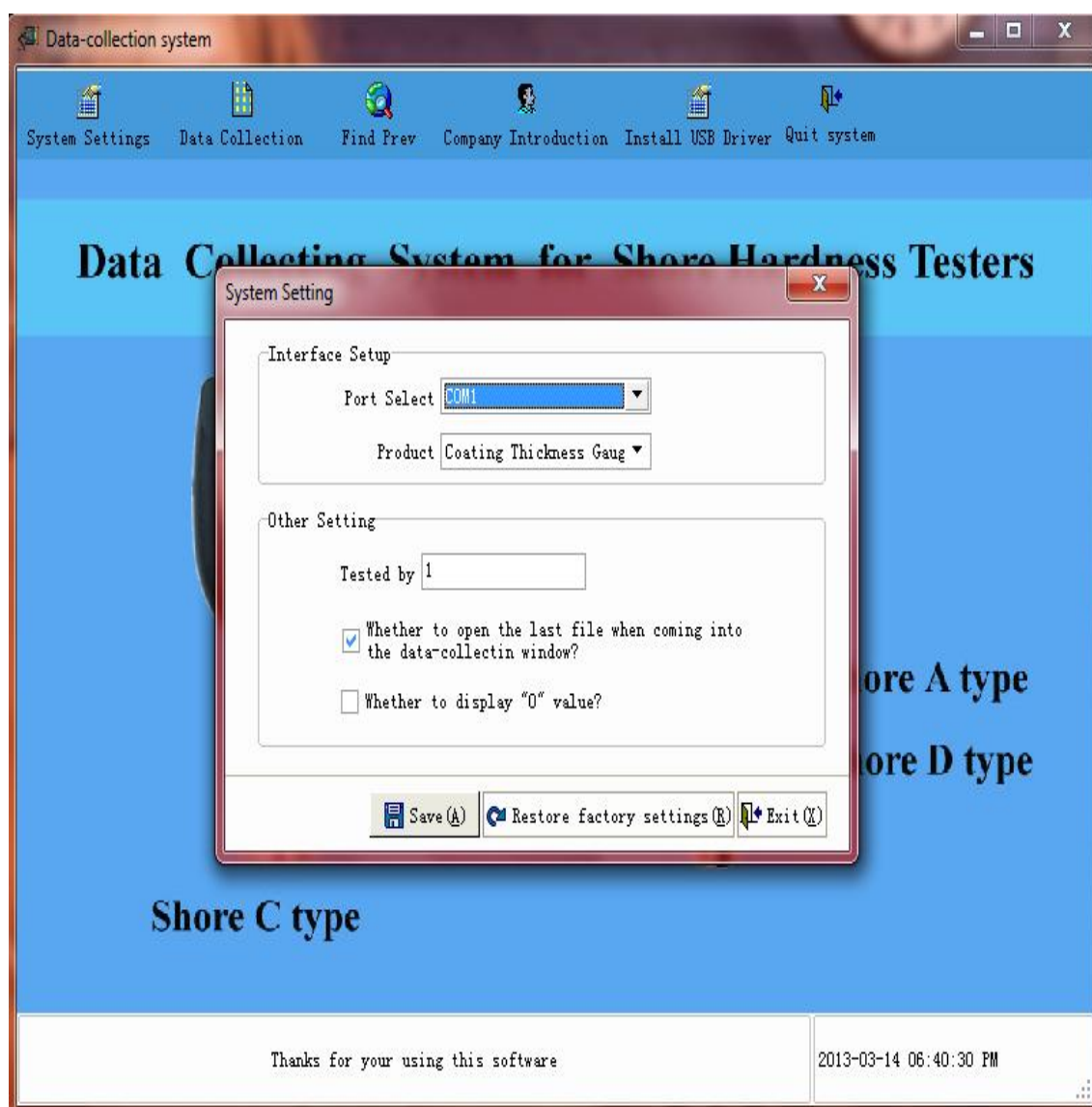
Obrázek č. 27 Hlavní menu vyhodnocovacího programu

V tomto hlavním menu vybereme v levém horním rohu volbu „System Settings“ a otevře se nám „podmenu“, které je zobrazeno na obrázku 28. V tomto podmenu provedeme jednoduchá nastavení pro přenos naměřených dat.



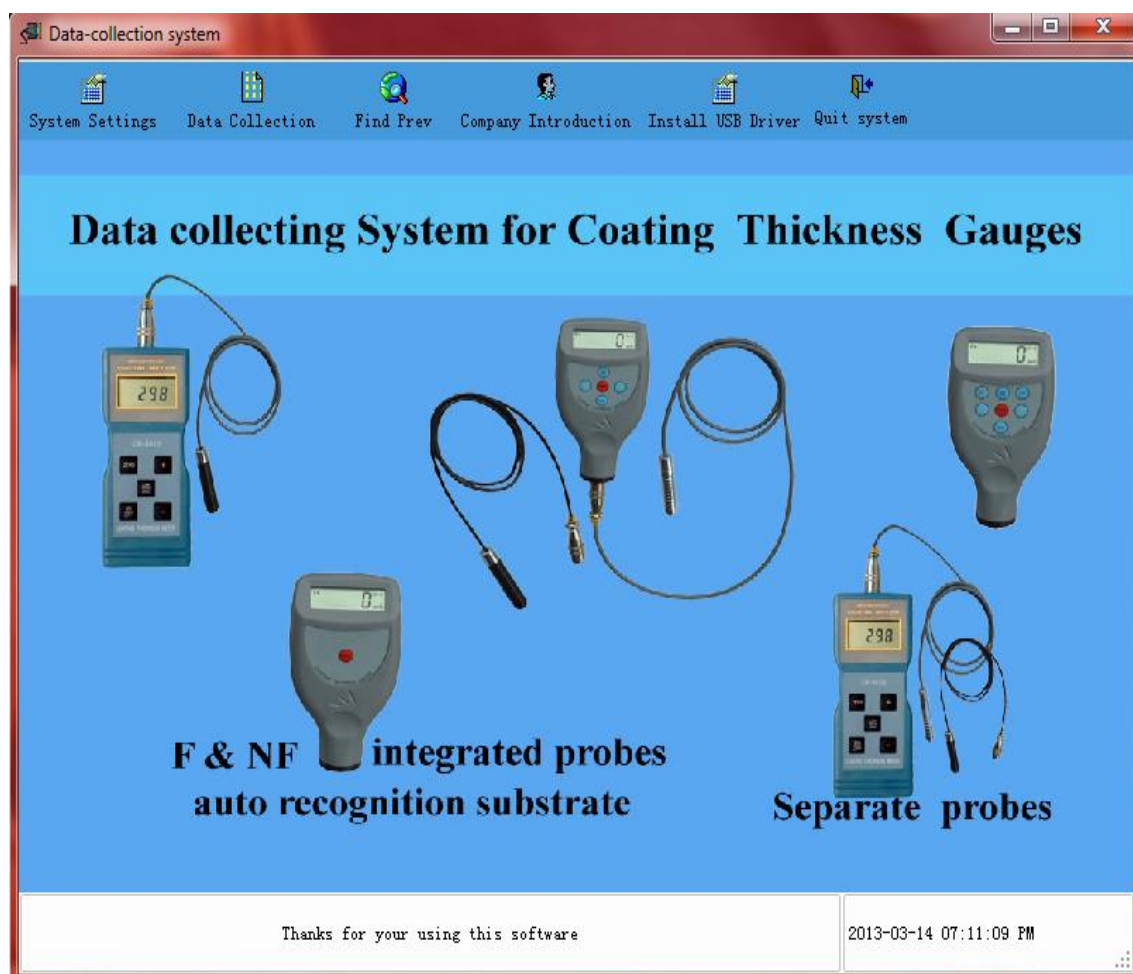
Obrázek č. 28 Podmenu programu pro nastavení

V tomto otevřeném menu vybereme volbu „Product“ a zde vyhledáme nabídku pro měření tloušťky povlaků, dále vybereme volbu „Port Select“ a zde navolíme možnost připojení tloušťkoměru k PC pomocí volby COM nebo USB. Po provedení těchto nastavení zmáčkne myší tlačítko „Save“ pro uložení nastavených předvoleb a pro zavření daného menu zmáčkne myší tlačítko „Exit“. Veškeré toto nastavení je názorně ukázáno na obrázku číslo 29.



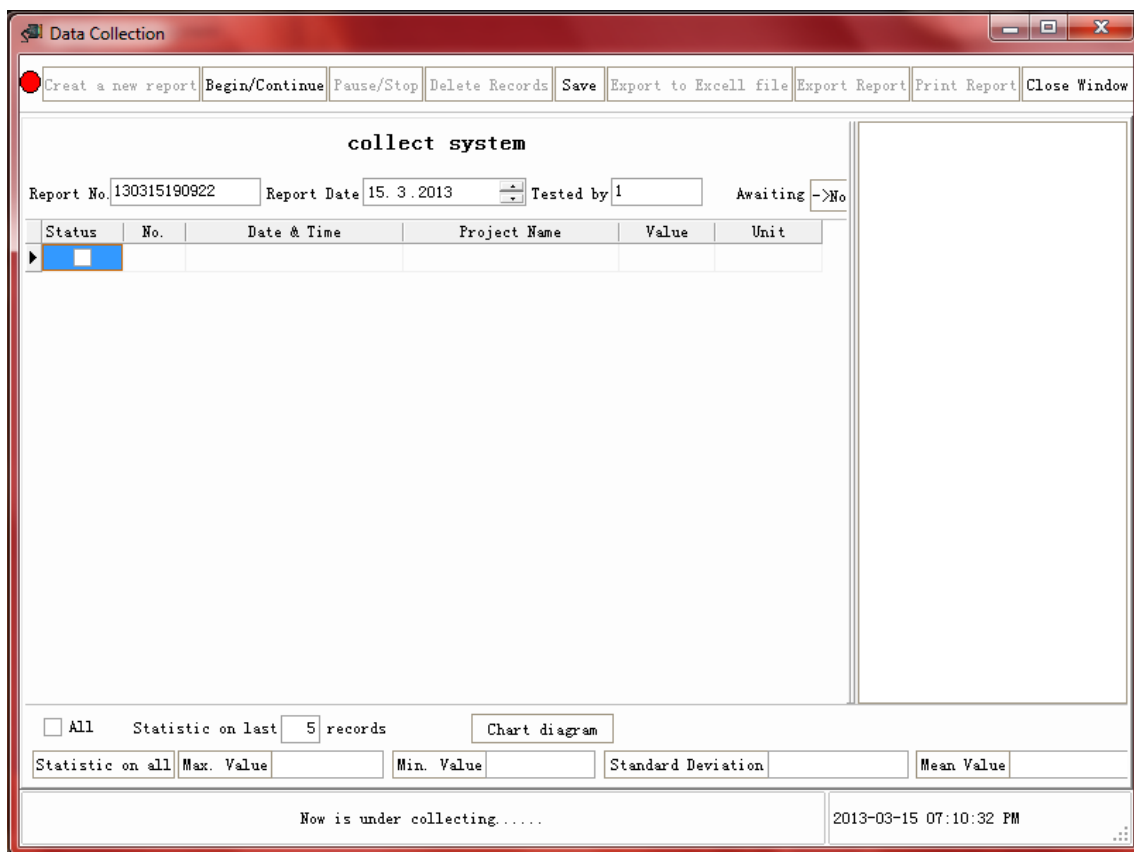
Obrázek č. 29 Nastavení předvoleb

Po uzavření menu pro nastavení předvoleb se nám pozadí hlavního menu změní do podoby, jak je zobrazeno na obrázku číslo 30 a poté můžeme přejít k nahrávání naměřených hodnot z digitálního tloušťkoměru do PC.



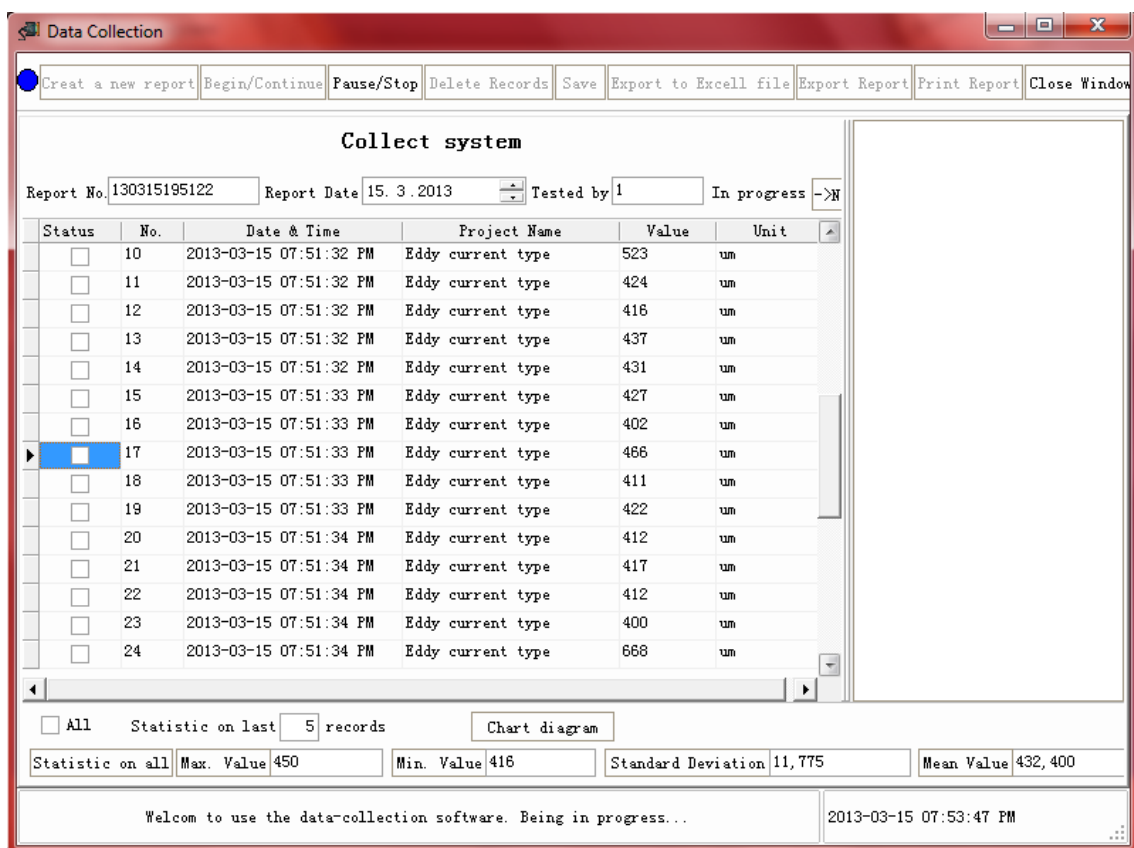
Obrázek č. 30 Pozadí hlavního menu po nastavení

V tomto hlavním menu otevřeme volbu „Data Collection“, která se nachází v horní části tohoto menu vedle volby „System Settings“. Po otevření této volby se nám otevře menu pro nahrávání naměřených hodnot z digitálního tloušťkoměru do PC. Otevřené menu pro nahrávání naměřených hodnot je vyobrazeno na obrázku číslo 31.



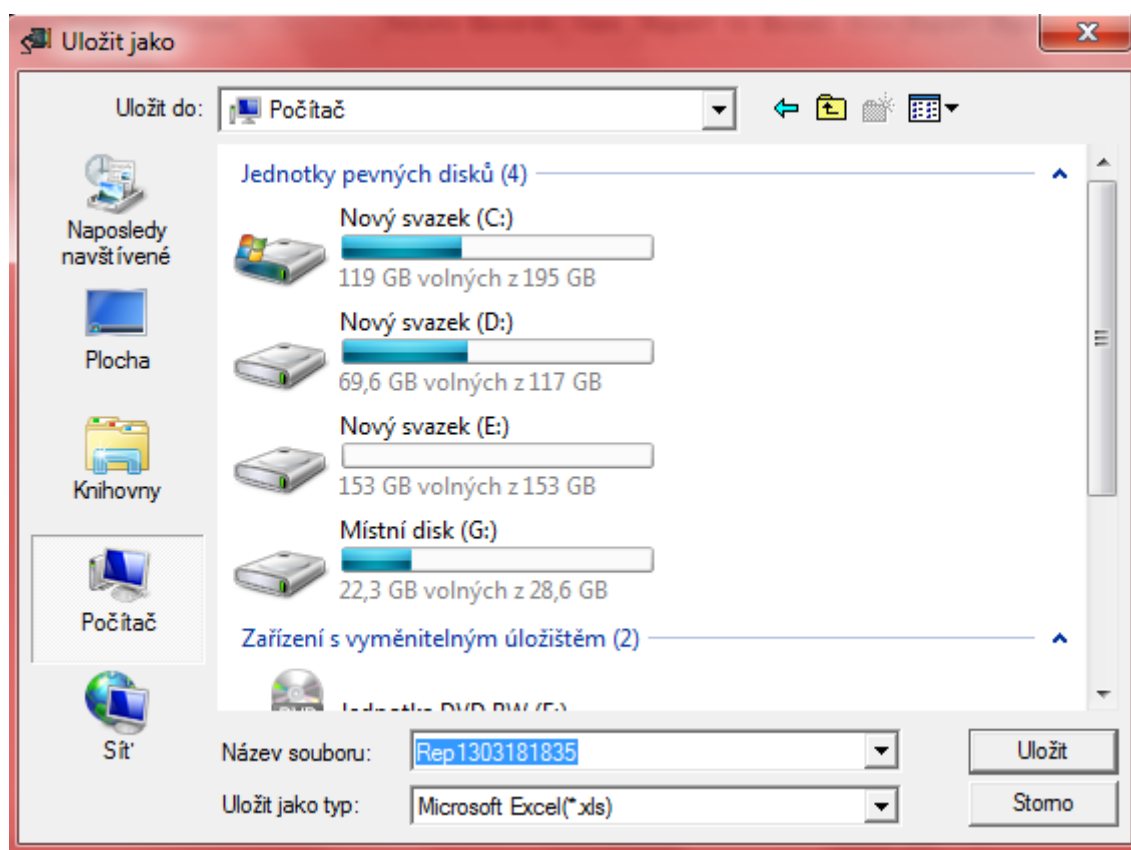
Obrázek č. 31 Menu pro nahrávání naměřených hodnot

V tomto menu vybereme volbu „Begin/Continue“, zapneme digitální tloušťkoměr a pomocí přenosového kabelu jej připojíme k PC. Na přístroji zmáčkne tlačítko READ, což je tlačítko pro prohlížení naměřených hodnot. Po zmáčknutí tohoto tlačítka na přístroji se naměřené hodnoty přenesou do menu Data Collection jak můžeme vidět na obrázku číslo 32.



Obrázek č. 32 Nahrané naměřené hodnoty v PC

Po přenesení všech naměřených dat z digitálního tloušťkoměru do PC zmáčkne tlačítko „Pause/Stop“ a tím je přenos dokončen. Pokud chceme uchovat naměřené hodnoty pro pozdější statistiku, zmáčkne tlačítko „Save“ v horní části hlavního menu. Pokud potřebujeme naměřené hodnoty vymazat, zmáčkne tlačítko „Delete Records“ a tlačítko „Save“ v horní části hlavního menu. Po znovuotevření programu v něm nebudou žádné naměřené hodnoty. Pokud zmáčkne tlačítko „Delete Records“ a poté nezmáčkne tlačítko „Save“, tak po znovuotevření programu v něm naměřené hodnoty opět najdeme. Pokud potřebujeme vyexportovat naměřené hodnoty do programu „Excel“, tak k tomuto účelu nám slouží tlačítko „Export to Excell file“, které je také umístěno v horní části hlavního menu. Po zmáčknutí tohoto tlačítka musíme vybrat cestu, kde bude vyexportovaný soubor uložen, a můžeme změnit název ukládaného souboru, jak je znázorněno na obrázku číslo 33.



Obrázek č. 33 Výběr místa uložení a změna názvu souboru

Po vybrání cesty uložení souboru a případném přejmenování názvu souboru zmáčkneme tlačítko „Uložit“ a soubor se nám uloží na námi zvolené místo, kde ho později najdeme. Jak vypadá vyexportovaný soubor s naměřenými hodnotami, můžeme vidět na obrázku číslo 34.

Rep1303181849 [R]

Domů Vložení Rozložení stránky Vzorce Data Revize Zobrazení

Vložit

Schránka

Písmo

Zalamovat text

Sloučit a zarovnat na střed

Zarovnání

A1

Status

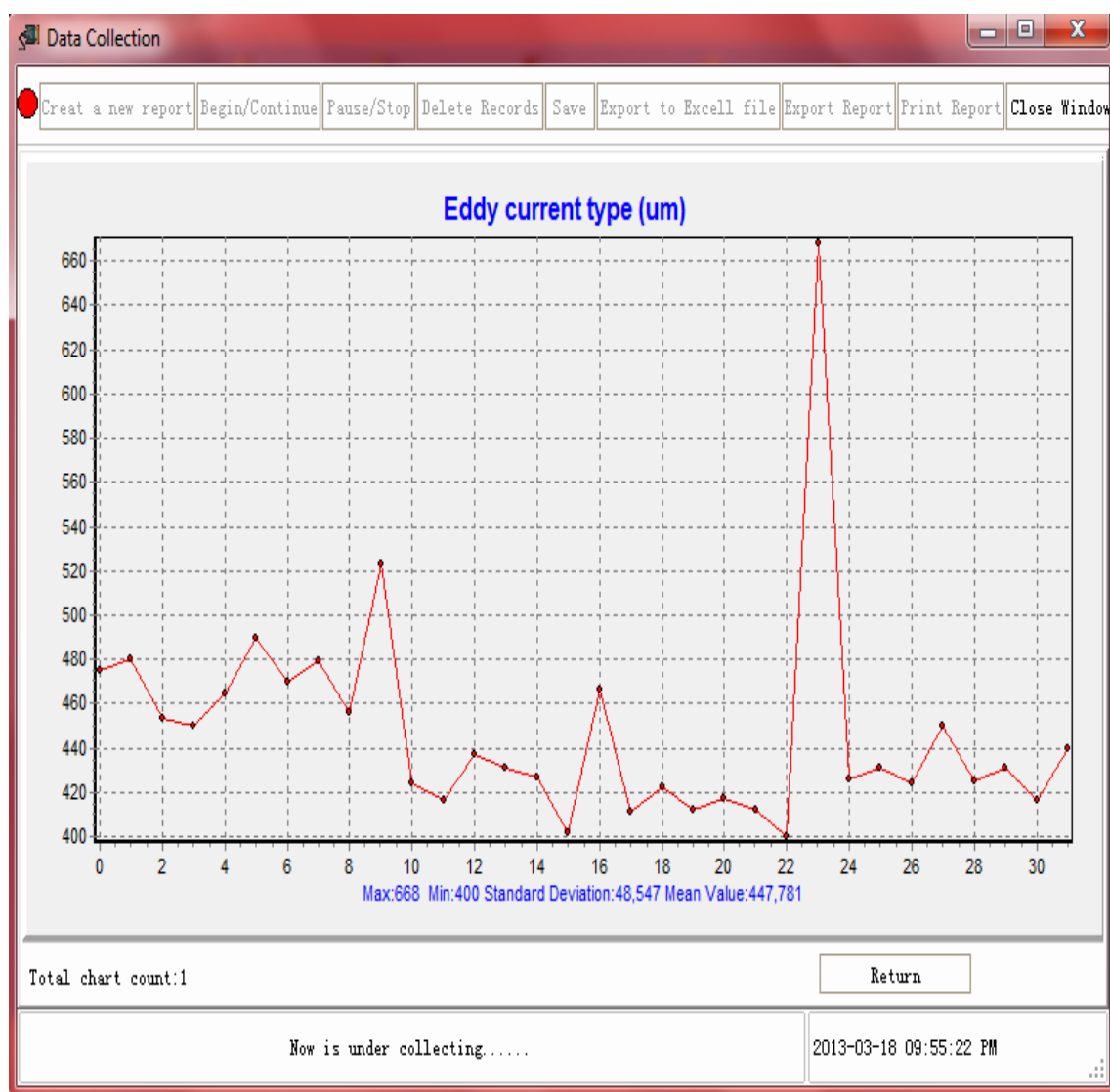
	A	B	C	D	E	F
1	Status	No.	Date & Time	Project Name	Value	Unit
2	True	1	2013-03-15 07:51:30 PM	Eddy current type	475	um
3	True	2	2013-03-15 07:51:30 PM	Eddy current type	480	um
4	True	3	2013-03-15 07:51:30 PM	Eddy current type	453	um
5	True	4	2013-03-15 07:51:30 PM	Eddy current type	450	um
6	True	5	2013-03-15 07:51:31 PM	Eddy current type	465	um
7	True	6	2013-03-15 07:51:31 PM	Eddy current type	490	um
8	True	7	2013-03-15 07:51:31 PM	Eddy current type	470	um
9	True	8	2013-03-15 07:51:31 PM	Eddy current type	479	um
10	True	9	2013-03-15 07:51:31 PM	Eddy current type	456	um
11	True	10	2013-03-15 07:51:32 PM	Eddy current type	523	um
12	True	11	2013-03-15 07:51:32 PM	Eddy current type	424	um
13	True	12	2013-03-15 07:51:32 PM	Eddy current type	416	um
14	True	13	2013-03-15 07:51:32 PM	Eddy current type	437	um
15	True	14	2013-03-15 07:51:32 PM	Eddy current type	431	um
16	True	15	2013-03-15 07:51:33 PM	Eddy current type	427	um
17	True	16	2013-03-15 07:51:33 PM	Eddy current type	402	um
18	True	17	2013-03-15 07:51:33 PM	Eddy current type	466	um
19	True	18	2013-03-15 07:51:33 PM	Eddy current type	411	um
20	True	19	2013-03-15 07:51:33 PM	Eddy current type	422	um
21	True	20	2013-03-15 07:51:34 PM	Eddy current type	412	um
22	True	21	2013-03-15 07:51:34 PM	Eddy current type	417	um
23	True	22	2013-03-15 07:51:34 PM	Eddy current type	412	um
24	True	23	2013-03-15 07:51:34 PM	Eddy current type	400	um
25	True	24	2013-03-15 07:51:34 PM	Eddy current type	668	um
26	True	25	2013-03-15 07:51:35 PM	Eddy current type	426	um
27	True	26	2013-03-15 07:51:35 PM	Eddy current type	431	um

Rep1303181849

Připraven

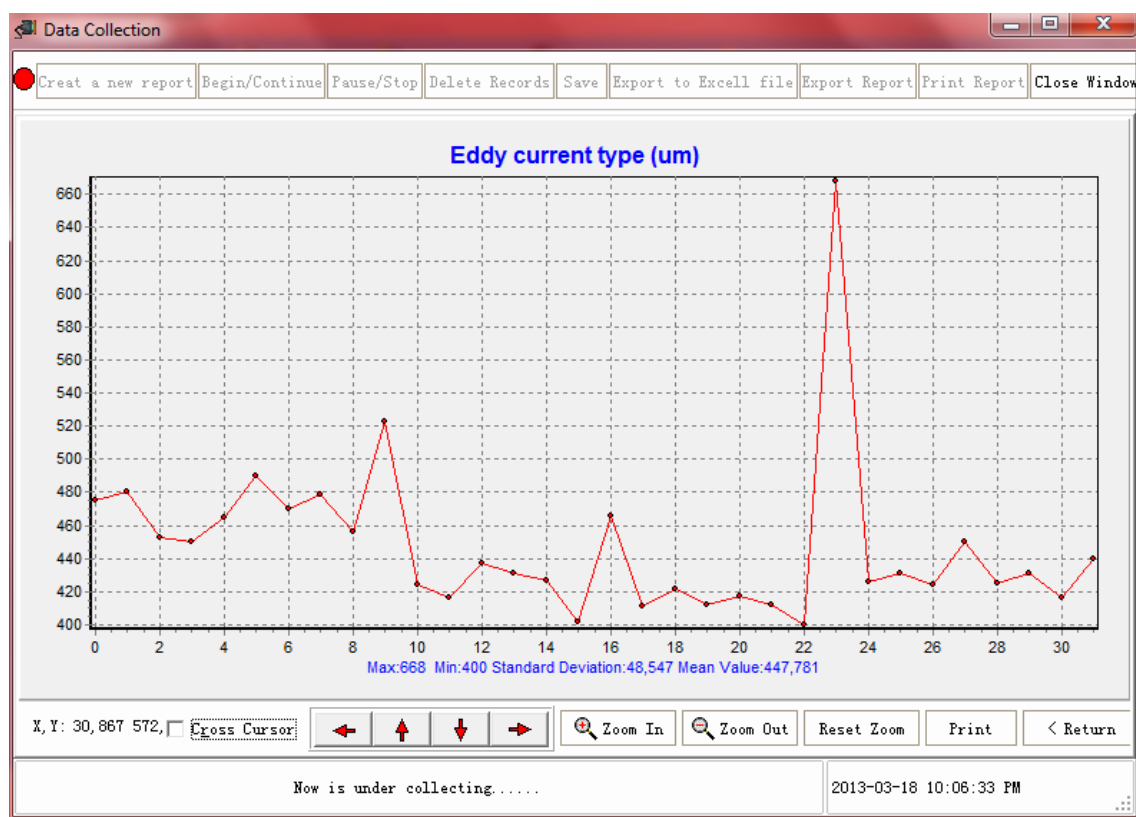
Obrázek č. 34 Ukázka vyexportovaného souboru do programu Excel

V dolní části hlavního menu zatrhneme tlačítko „All“ pokud chceme označit všechny hodnoty a opětovným stisknutím tlačítka „All“ všechny hodnoty odznačíme. Stisknutím tlačítka „Chart diagram“ vytvoříme z vybraných náměrů graf, který si můžeme vytisknout. Ukázka grafu je zobrazena na obrázku číslo 35.



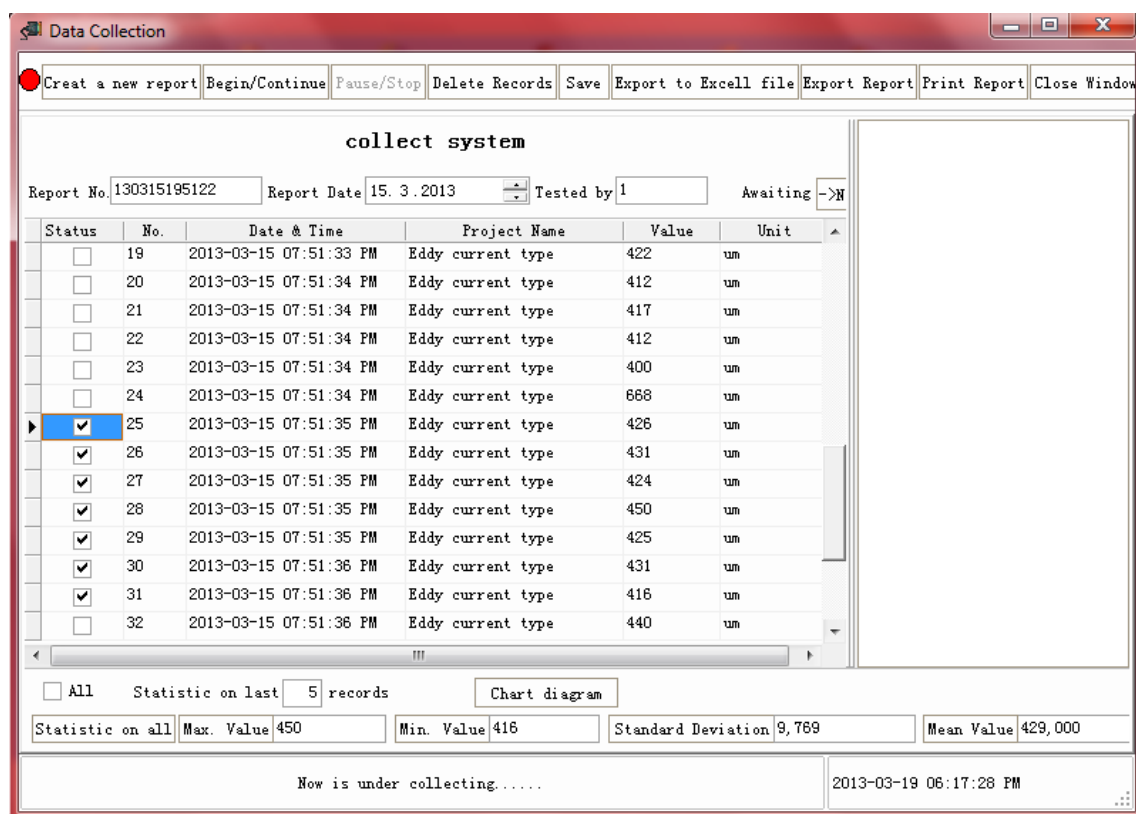
Obrázek č. 35 Ukázka grafu z naměřených hodnot

Dvojitým kliknutím myši do mřížky grafu se objeví další tlačítka, kterými si můžeme graf přiblížit nebo oddálit, posouvat grafem doprava, doleva, nahoru nebo dolů a případně si graf vytisknout. Jak se změní menu grafu, po dvojitém kliknutí myši do jeho mřížky je znázorněno na obrázku číslo 36.



Obrázek č. 36 Menu grafu

Když zmáčkne tlačítko „Statistic on all“, které se nachází v dolní části hlavního menu, tak vybereme všechny naměřené hodnoty a program zobrazí maximální naměřenou hodnotu, minimální naměřenou hodnotu, směrodatnou odchylku a průměr z naměřených hodnot. Pokud chceme zobrazit tyto údaje pouze za určitou skupinu náměrů, tak tyto náměry vybereme a označíme ve sloupci „Status“ zatržením jak je ukázáno na obrázku číslo 37.



Obrázek č. 37 Výběr naměřených hodnot

Pokud chceme zobrazit maximální naměřenou hodnotu z vybrané skupiny náměrů, musíme myší zmáčknout tlačítko „Max. Value“, jestliže chceme znát nejmenší naměřenou hodnotu z vybrané skupiny náměrů, musíme myší zmáčknout tlačítko „Min. Value“, pro zjištění směrodatné odchylky z vybrané skupiny náměrů musíme zmáčknout tlačítko „Standard Deviation“ a pro zjištění průměrné hodnoty z vybrané skupiny náměrů musíme myší zmáčknout tlačítko „Mean Value“.

7.11 Výměna baterií

Pokud jsou v přístroji baterie vybité, zobrazí se na displeji ikonka s obrázkem baterie. Potom musíme odstranit krytku ze zadní strany přístroje a vyjmout baterie. Podle uvedených znamének plus a mínus musíme nainstalovat čtyři mikrotužkové 1,5V baterie. Pokud nebudeme přístroj delší dobu používat, musíme vyjmout baterie z přístroje. [1]

7.12 Upozornění pro uživatele

Pokud chceme zajistit větší přesnost naměřených hodnot tak se doporučuje provést kalibraci přístroje přímo na nenatřeném podkladu na, který bude povlak aplikován.

Používáním se sonda opotřebovává. Její opotřebování závisí na počtu měření a taky na drsnosti měřeného podkladu. Výměnu sondy poté může provést pouze kvalifikovaná osoba, nejlépe dodavatel. [1]

7.13 Obnovení továrního nastavení

Tovární nastavení přístroje je doporučeno obnovovat pouze v následujících případech:

- přístroj vůbec neměří
- je špatná přesnost přístroje kvůli obroušené sondě nebo kvůli značné změně podmínek měření
- při výměně staré sondy za novou

Obnova továrního nastavení zahrnuje nastavení pro mód Fe a mód NFe. Můžeme nastavit pouze jeden z nich nebo oba, ale pouze každý samostatně. Pokud chceme obnovit tovární nastavení, musíme zmáčknout tlačítko POWER a držet až do doby dokud se na displeji nezobrazí nápis CAL. Po zmáčknutí tlačítka POWER to trvá asi pět sekund. Když se na displeji zobrazí F:H musíme zvednout sondu více než 5 cm od kovového podkladu. Potom musíme zmáčknout tlačítko ZERO a přístroj se vrátí zpět do měřicího módu. Tímto je obnova továrního nastavení provedena. Musíme, ale pamatovat, že obnovení továrního nastavení musí proběhnout do 6-ti sekund. Pokud to nestihneme do 6-ti sekund tak se přístroj vypne a naše požadované tovární obnovení se nepovedlo. [1]

7.14 Poznámky

Pomocí tlačítka „POWER“ můžeme nastavit:

- UNIT** - nastavení jednotek
- CAL** - obnovu továrního nastavení
- SC** - nastavení jednobodového a kontinuálního měření
- Ln** - přesnější kalibrace

Veškerá tato nastavení se vždy přepínají po 6-ti sekundách při přidržení tlačítka „POWER“. Do jednotlivých nastavení se dostaneme tak, že tlačítko „POWER“ pustíme. [1]

7.15 Doporučení

Velmi důrazně výrobce doporučuje neprovádět změny hodnoty „Ln – přesnější kalibrace“, tento režim nastavení se zobrazí asi po 11 sekundách od zmáčknutí tlačítka POWER. Hodnotu „Ln – přesnější kalibrace“ můžeme změnit pomocí tlačítka plus/mínus (šipka nahoru nebo dolů) hned po jejím zobrazení na displeji a to tím, když pustíme tlačítko POWER. Takto námi nastavená hodnota se uloží do paměti přístroje zmáčknutím tlačítka ZERO. Změna této „Ln“ hodnoty má velký vliv na změnu přesnosti přístroje. Tato hodnota může být změněna pouze kvalifikovanou osobou, která vyměňuje novou sondu, a proto tímto způsobem musí přístroj zkalibrovat. Platí obecná podmínka, že máme větší hodnotu Ln, tím menší je pak hodnota přečtená na fólii té samé tloušťky. I nepatrná změna hodnoty Ln čísla bude mít potom za následek velkou změnu ve čtení a přesnosti přístroje. [1]

7.16 Pravidla pro nastavení Ln hodnoty

Čtení na fólii s nízkou hodnotou by mělo být nastaveno pomocí kláves plus nebo mínus tak, aby další naměřená hodnota byla shodná s hodnotou na kalibrační fólii. Číslo Ln zvýšíme, pokud naměříme správně hodnotu na kalibrační fólii s nízkou hodnotou, ale následné měření na kalibrační fólii s vysokou hodnotou je o mnoho vyšší. Číslo Ln snížíme, jestliže správně naměříme hodnotu na kalibrační fólii s nízkou hodnotou, ale následné měření na kalibrační fólii s vysokou hodnotou je o mnoho nižší. Tento proces opakujeme tak dlouho, dokud má čtení na všech fóliích uspokojivou přesnost. [1]

7.17 Upozornění výrobce

Měřicí sonda se při špatném zacházení může velmi brzy opotřebovat. Proto musíme provádět měření opatrně přiložením a odebráním sondy od měřeného materiálu. Nikdy nesmíme provádět měření taháním sondou po povrchu, obzvláště pokud se jedná o povrch zdrsňený. Kontinuálního módu měření bychom měli užívat pouze v nejnutnějších případech. Jakékoli opravy mohou být prováděny pouze výrobcem kvalifikovanou osobou. [1]

8. Měření tloušťky povlaků na kovovém feromagnetickém a neferomagnetickém podkladu digitálním tloušťkoměrem CM-8856FN

Definice (teorie): Tloušťky povlaků z nemagnetických materiálů, nanesených na kovovém feromagnetickém a neferomagnetickém podkladu lze měřit nedestruktivně digitálním tloušťkoměrem CM-8856FN. Je možné také měřit tloušťky nemagnetických fólií.

Princip funkce: Tento tloušťkoměr se používá pro měření tloušťky nátěru povlaku na kovovém feromagnetickém a neferomagnetickém podkladu. Toto měření umožňuje kombinovaná sonda, kterou je přístroj vybaven. Jeho kombinovaná sonda automaticky pozná, zda se jedná o feromagnetický nebo neferomagnetický typ podkladu. Přístroj je digitální, má podsvícený displej a poskytuje nám velmi přesné hodnoty měření. Do jeho paměti se vejde 99 naměřených hodnot. Měří v metrické a imperiální soustavě. Naměřené hodnoty se zobrazují na displeji přístroje a automaticky se ukládají do jeho paměti. Přístroj automaticky počítá a zobrazuje statistiku naměřených dat, tak jak byly naměřeny. Na displeji můžeme vidět poslední naměřenou hodnotu, průměrnou hodnotu, nejvyšší naměřenou hodnotu, nejnižší naměřenou hodnotu a celkový počet měření. Před započetím dalších měření je potřeba tato statistická data smazat. Pokud si chceme naměřené hodnoty uchovat tak pomocí software, který je uložen na disku, a propojovacího kablíku si tyto naměřené hodnoty přeneseme do PC. V PC naměřené hodnoty uchováváme pro potřeby statistiky a lze je možno i vytisknout.

Hlavní použití: K rychlé kontrole v sériové i kusové výrobě v lakovnách, smaltovnách, plastikářských dílnách, galvanizovnách, máčárnách, ale také v laboratořích a podobně.

Pomůcky: Digitální tloušťkoměr CM-8856FN, kalibrační destička pro feromagnetický a neferomagnetický podklad, kalibrační fólie, kombinovaná měřicí sonda, disk s uloženým softwarem pro případnou instalaci do PC, propojovací kablík pro přenos naměřených hodnot z digitálního tloušťkoměru do PC.

Zkušební vzorky: Předměty s různými tloušťkami ochranných povlaků, nemagnetické fólie.

Úkol: Na daných vzorcích změřte tloušťky nemagnetických povlaků, případně změřte tloušťku nemagnetických fólií.

Postup zkoušky:

- a) Před započetím práce s digitálním tloušťkoměrem zkontrolujte, zda jsou v měřicím přístroji vloženy baterie.
- b) Uchopte FN sondu a zastrčte ji do digitálního tloušťkoměru a pomocí závitů ji pevně přišroubujte k přístroji. Pro zapnutí přístroje zmáčkněte červené tlačítko POWER. Na displeji se zobrazí 0.
- c) Vyberte jednobodový mód měření a to tak, že zmáčknete tlačítko POWER a držte tak dlouho, dokud se na displeji nezobrazí nápis „SC“ a potom klávesu POWER uvolněte.
- d) Na dvou kalibračních destičkách nebo čtyřech kalibračních fóliích, příslušejících k digitálnímu tloušťkoměru proveďte kalibraci přístroje. **Nastavení nuly** – opatrně přiložte sondu na feromagnetický podklad nebo feromagnetickou kalibrační destičku. Zmáčknete tlačítko ZERO a přístroj se tak kalibruje na nulu, která se zobrazí na displeji. Nemačkejte nulu (tlačítko ZERO) pokud sonda není přiložena na nenatřeném podkladě nebo nulovací kalibrační destičce, protože by pak byla kalibrace neplatná. **Kalibrace na fólii** - Vyberte tloušťku kalibrační fólie dle předpokládané tloušťky nátěru. Kalibrační fólii položte na nenatřený podklad nebo přiloženou kalibrační destičku a proveďte několik měření (5 až 10) přiložením sondy. Sondu přikládejte vždy pomalu a opatrně, tak aby nedošlo k poškození kalibrační fólie. Naměřená hodnota se zobrazí na displeji. Pokud je naměřená hodnota jiná než je napsaná na kalibrační fólii, tak pomocí tlačítek nahoru nebo dolů srovnajte hodnotu na displeji tak, aby byla stejná jako na kalibrační fólii. Pro dosažení vyšší přesnosti kalibrace opakujte tak dlouho, až bude hodnota na displeji shodná s kalibrační fólií. Pokud přístroj neměří, proveďte u přístroje obnovu továrního nastavení. Obnovení továrního nastavení proveďte pro oba měřicí módy (Fe, NFe) a to pro každý měřicí mód samostatně. Obnovení továrního nastavení proveďte následujícím způsobem: Přiložte měřicí sondu ke kovovému podkladu, na přístroji zmáčknete tlačítko „POWER“ a držte až do té doby dokud se na displeji nezobrazí nápis „CAL“. Trvá to asi 5 sekund po zmáčknutí tlačítka „POWER“. Když se na displeji zobrazí F:H, zvedněte měřicí sondu více než 5 cm od kovového podkladu. Potom zmáčknete „ZERO“ a přístroj se vrátí zpět do měřicího módu. Obnova továrního nastavení je tak provedena. Pamatujte, že tovární obnovení musí být provedeno do šesti sekund, jinak se přístroj vypne a tovární obnovení se nepovedlo. Tento samý postup opakujte pro měřicí mód NFe. Toto tovární nastavení proveďte i v případě, že je špatná přesnost přístroje kvůli obroušené sondě nebo kvůli značné změně podmínek měření a i v případě výměny staré měřicí sondy za novou.

- e)** Na daných vzorcích změřte v několika místech (bodech) tloušťku vrstvy alespoň desetkrát a z těchto hodnot vypočtete aritmetický průměr, který teprve použijete pro určení tloušťky povlaku v μm .
- f)** Sondu digitálního tloušťkoměru přikládejte kolmo k měřenému předmětu a zase stejným způsobem sondu od měřeného předmětu zvedněte. Sondu digitálního tloušťkoměru po měřeném předmětu nikdy neposouvejte. Posouváním měřicí sondy po předmětu dochází k jejímu značnému opotřebení a mohlo by dojít i ke zničení měřicí sondy.
- g)** Naměřené hodnoty z digitálního tloušťkoměru přeneste do nainstalovaného programu. Otevřete nainstalovaný program a vyberte volbu „Data Collection“, která se nachází v horní části tohoto menu vedle volby „System Settings“. V tomto menu vyberte volbu „Begin/Continue“, zapněte digitální tloušťkoměr a pomocí přenosového kabelu jej připojte k PC. Na přístroji zmáčkněte tlačítko READ, což je tlačítko pro prohlížení naměřených hodnot. Po zmáčknutí tohoto tlačítka na přístroji se naměřené hodnoty přenesou do menu Data Collection.
- h)** Vyexportujte naměřené hodnoty do programu „Excel“. Zmáčkněte tlačítko „Export to Excell file“, které je umístěno v horní části hlavního menu. Vyberte cestu, kde bude vyexportovaný soubor uložen, a můžete i změnit název ukládaného souboru. Po vybrání cesty uložení souboru a případném přejmenování názvu souboru zmáčkněte tlačítko „Uložit“ a soubor se uloží na zvolené místo.
- i)** Ve vyexportovaném souboru Excel vypočtete aritmetický průměr z naměřených hodnot na daných vzorcích. Tento aritmetický průměr použijte pro stanovení tloušťky povlaku na daných vzorcích.
- j)** Z naměřených hodnot utvořte přehlednou tabulku. Na přiloženém obrázku je ukázka vyexportovaného souboru s naměřenými hodnotami.

Rep1303181849 [Režim ko

Domů Vložení Rozložení stránky Vzorce Data Revize Zobrazení

Vložit

Schránka

Písmo

Zarovnání

Zalamovat text

Sloučit a zarovnat na střed

Obecný

A1

Status

	A	B	C	D	E	F	G
	Status	No.	Date & Time	Project Name	Value	Unit	
1	True	1	2013-03-15 07:51:30 PM	Eddy current type	475	um	
2	True	2	2013-03-15 07:51:30 PM	Eddy current type	480	um	
3	True	3	2013-03-15 07:51:30 PM	Eddy current type	453	um	
4	True	4	2013-03-15 07:51:30 PM	Eddy current type	450	um	
5	True	5	2013-03-15 07:51:31 PM	Eddy current type	465	um	
6	True	6	2013-03-15 07:51:31 PM	Eddy current type	490	um	
7	True	7	2013-03-15 07:51:31 PM	Eddy current type	470	um	
8	True	8	2013-03-15 07:51:31 PM	Eddy current type	479	um	
9	True	9	2013-03-15 07:51:31 PM	Eddy current type	456	um	
10	True	10	2013-03-15 07:51:32 PM	Eddy current type	523	um	
11	True	11	2013-03-15 07:51:32 PM	Eddy current type	424	um	
12	True	12	2013-03-15 07:51:32 PM	Eddy current type	416	um	
13	True	13	2013-03-15 07:51:32 PM	Eddy current type	437	um	
14	True	14	2013-03-15 07:51:32 PM	Eddy current type	431	um	
15	True	15	2013-03-15 07:51:33 PM	Eddy current type	427	um	
16	True	16	2013-03-15 07:51:33 PM	Eddy current type	402	um	
17	True	17	2013-03-15 07:51:33 PM	Eddy current type	466	um	
18	True	18	2013-03-15 07:51:33 PM	Eddy current type	411	um	
19	True	19	2013-03-15 07:51:33 PM	Eddy current type	422	um	
20	True	20	2013-03-15 07:51:34 PM	Eddy current type	412	um	
21	True	21	2013-03-15 07:51:34 PM	Eddy current type	417	um	
22	True	22	2013-03-15 07:51:34 PM	Eddy current type	412	um	
23	True	23	2013-03-15 07:51:34 PM	Eddy current type	400	um	
24	True	24	2013-03-15 07:51:34 PM	Eddy current type	668	um	
25	True	25	2013-03-15 07:51:35 PM	Eddy current type	426	um	
26	True	26	2013-03-15 07:51:35 PM	Eddy current type	431	um	
27	True	26	2013-03-15 07:51:35 PM	Eddy current type	431	um	

Rep1303181849

Ukázka vyexportovaného souboru s naměřenými hodnotami

Závěr

V úvodní části se podařilo přehledně utřídit obecné poznatky týkající se měření tloušťky vrstev na kovovém podkladu a vysvětlit problematiku měření. Hlavním úkolem této bakalářské práce bylo vypracování metodicky pojatého charakteristického typu úlohy pro měření tloušťky vrstev na kovovém podkladu přístrojem CM-8856FN, která bude použitelná v laboratorních podmínkách pedagogické fakulty Jihočeské univerzity.

Vyhodnocení jednotlivých cílů práce:

- Vyhledat vhodnou aktuální literaturu k danému tématu a seznámit se detailně s oblastí zabývající se způsoby měření tloušťky vrstvy na kovovém podkladu. Jako zásadním problémem se ukázalo najít nějaké informace o měřicím přístroji CM-8856FN na internetu. Pravděpodobně se jedná o nový měřicí přístroj a ještě není tak dalece rozšířen, a proto asi není na internetu o tomto měřicím přístroji dostatek informací. Musel jsem vystačit s přiloženým manuálem od výrobce a s informacemi na stránkách výrobce.
- Provést výběr nejfrekventovanějších a nejvhodnějších druhů měření a metod těchto měření. V prostřední části této bakalářské práce se podařilo popsat jednotlivé nedestruktivní metody měření tloušťky vrstev. Digitální tloušťkoměr CM-8856FN využívá pro měření tloušťky vrstev magnetickou metodu a metodu vířivých proudů, které patří mezi nedestruktivní metody měření tloušťky vrstev. Proto je zmínka o destruktivních metodách měření tloušťky vrstev pouze okrajově v úvodní části a nedestruktivní metody měření tloušťky vrstev jsou podrobněji popsány v úvodních kapitolách této práce.
- Podrobně se seznámit s měřicím přístrojem CM-8856FN a důkladně si prostudovat manuál k jeho použití. Při studiu manuálu jsem narazil na drobné chyby, které pravděpodobně vznikly překladem manuálu do češtiny. Tyto zjištěné chyby se v bakalářské práci podařilo odstranit.
- Na PC nainstalovat software pro připojení přístroje k počítači a důkladně si procvičit práci s tímto softwarem. Pro odzkoušení měřicího přístroje jsem si opatřil několik vzorků (s feromagnetickým a neferomagnetickým podkladem) na, kterých jsem provedl vlastní měření. Tyto naměřené hodnoty jsem pomocí přenosového kabelu přenesl z měřicího přístroje do nainstalovaného software. Při přenosu naměřených hodnot do nainstalovaného software se vyskytl zásadní

problém a to, že naměřené hodnoty se do nainstalovaného software vůbec nepřenesly. Z počátku se tento problém jevil jako špatná komunikace operačního systému s nainstalovaným softwarem. Po delším zkoušení několika možností jak rozhodit přenos naměřených dat do nainstalovaného software jsem přišel na to, že musím nejprve připojit měřicí přístroj pomocí přenosového kabelu k PC, poté musím otevřít nainstalovaný software, v nainstalovaném software spustit volbu pro přenos naměřených dat do PC, zapnout měřicí přístroj a na měřicím přístroji zmáčknout tlačítko READ, což je tlačítko pro prohlížení naměřených hodnot. Když jsem postupoval tímto způsobem tak se všechny naměřené hodnoty bez sebemenších problémů přenesly do nainstalovaného softwaru. Pokud jsem postupoval obráceným způsobem nebo jsem udělal něco jinak, tak komunikace mezi nainstalovaným softwarem a měřicím přístrojem neprobíhala a žádné naměřené hodnoty se z měřicího přístroje do nainstalovaného software nepřenesly. Moje zjištění je takové, že je potřeba dodržovat popsany postup pro přenos naměřených hodnot, aby se tyto naměřené hodnoty bez problémů přenesly do nainstalovaného software.

- Popsat instalaci software. V příloženém manuálu není problém instalace software na PC nijak řešen. Na příloženém CD, ze kterého byla provedena instalace software do PC, jsem vyhledal videoklip, kde je ukázáno, jak se má software na PC instalovat. Z tohoto videoklipu jsem vypracoval názorný postup instalace software do PC, který je zpracován v této bakalářské práci. Instalaci software jsem odzkoušel na dvou operačních systémech (Windows XP, Windows 7) a mohu říci, že software fungoval bez potíží. Po nainstalování software do PC jsem musel provést několik nastavení programu, aby nainstalovaný program fungoval tak jak má. Tato nastavení jsou trvalá a při bezchybné práci s programem se tato nastavení nemusí měnit. Pouze při opětovné instalaci programu je potřeba tato nastavení provést znovu. V bakalářské práci je zpracován názorný přehled a pracovní postup jak provést nastavení tohoto vyhodnocovacího programu pro potřebu měření tloušťky povlaků digitálním tloušťkoměrem CM-8856FN.
- Vytvořit metodickou část, která bude srozumitelná, didakticky pojatá, přehledná a dobře použitelná pro vyhodnocování měření tloušťky vrstev ve školní laboratoři. Myslím si, že se v bakalářské práci tuto metodickou část podařilo

vypracovat, a že je didakticky pojatá, přehledná a dobře použitelná pro vyhodnocování měření tloušťky vrstev ve školní laboratoři.

- Vybrané úlohy, typické příklady a protokoly z měření koncipovat tak, aby mohly sloužit jako návod pro zadávání úloh z oblasti měření tloušťky vrstev (v rozsahu do 4 stran). V závěrečné části bakalářské práce se podařilo zpracovat návod pro zadávání úloh z oblasti měření tloušťky vrstev a je zde také uvedena ukázka vyhodnocených naměřených dat v programu Microsoft Office Excel.
- Závěrečným úkolem bylo vypracování prezentace práce, která bude využita při její obhajobě.

Dle mého názoru se toto podařilo splnit. Metodická část bude dobře použitelná v další vyučovací praxi. Podle mého názoru je metodická část didakticky zpracována a dobře použitelná pro měření tloušťky vrstev přístrojem CM-8856FN v laboratorních podmínkách pedagogické fakulty.

Seznam použitých informačních zdrojů

Použitá literatura:

- [1] Návod k použití pro digitální tloušťkoměr CM-8856FN
- [2] Dosavadní návod na úlohu na PF
- [3] Strojnické tabulky

Informační zdroje z Internetu:

- [4] Vysoké učení technické v Brně
www.vutbr.cz/wwwbase/zavpracesouborverejne.php?file_id=9078, 22.10.2012
- [5] Testima spol. s.r.o.
<http://www.testima.eu/prilohy/195/vrstvy.pdf>, 22.10.2012
- [6] Západočeská univerzita v Plzni
www.cdm.cas.cz/czech/hora/vyuka/tdk/sem2004/ECSROUB.doc, 22.10.2012
- [7] NDT 1 Kraft s.r.o.
www.ndtone.com, 22.10.2012
- [8] Oborový portál
www.tlakinfo.cz/t.py?t=2&i=1306, 22.10.2012
- [9] Proinex Instruments s.r.o.
www.proinex.cz, 22.10.2012
- [10] Unimetra spol. s.r.o.
www.unimetra.cz/soubory_materialy/991.pdf, 22.10.2012