



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH TECHNOLOGIÍ

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION

## ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

DEPARTMENT OF ELECTRICAL AND ELECTRONIC TECHNOLOGY

## POVRCHOVÁ ÚPRAVA DPS IMERZNÍM CÍNEM

IMMERSION TIN SURFACE FINISH OF PCB

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Vítězslav Karzel

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Jiří Starý, Ph.D.

BRNO 2022

# Diplomová práce

magisterský navazující studijní program **Elektrotechnická výroba a management**

Ústav elektrotechnologie

**Student:** Bc. Vítězslav Karzel

**ID:** 195235

**Ročník:** 2

**Akademický rok:** 2021/22

**NÁZEV TÉMATU:**

## **Povrchová úprava DPS imerzním cínem**

**POKYNY PRO VYPRACOVÁNÍ:**

Prostudujte problematiku povrchových úprav DPS vhodných pro bezolovnaté pájení. Podrobněji se soustředte na imerzní cín. Navrhněte metodiku provádění měření a vyhodnocování environmentálních vlivů i opakovaného pájení přetavením. Navrhněte metodiku selektivního odleptání vrstvy cínu a měření rychlosti leptání k intermetalické oblasti  $\text{Cu}_6\text{Sn}_5$  i k podkladové mědi. Porovnejte dosažené výsledky imerzního cínu s povrchovou úpravou imerzním stříbrem. Přehledně zpracujte dosažené výsledky. Metodou smáčecích vah proveďte měření smáčecích charakteristik vybraných vzorků. Dosažené výsledky zpracujte a vyhodnoťte.

**DOPORUČENÁ LITERATURA:**

Podle doporučení vedoucího práce.

**Termín zadání:** 7.2.2022

**Termín odevzdání:** 25.5.2022

**Vedoucí práce:** Ing. Jiří Starý, Ph.D.

**doc. Ing. Petr Bača, Ph.D.**  
předseda rady studijního programu

**UPOZORNĚNÍ:**

Autor diplomové práce nesmí při vytváření diplomové práce porušit autorská práva třetích osob, zejména nesmí zasahovat nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a musí si být plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č.40/2009 Sb.

## **ABSTRAKT**

Cílem této diplomové práce je prostudovat problematiku povrchových úprav desek plošných spojů vhodných pro bezolovnaté pájení. Zároveň je nutné teoreticky rozvinout problematiku imerzního cínu a připravit si podklady pro následné měření. V první části práce se tedy věnujeme především teoretickým podkladům a správnému rozboru problematiky povrchových úprav desek plošných spojů, hlavně imerzního cínu a správné porozumění faktorům ovlivňujícím smáčivost desek plošných spojů. V další části se věnujeme změření smáčivosti vybraných vzorků a zhodnocení naměřených dat.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Imerzní cín, imerzní stříbro, desky plošných spojů, povrchové úpravy, smáčivost, imerzní zlato, kvalita, meniskograf, tavidlo, pájka, doba stárnutí, selektivní stripování, normy

## **ABSTRACT**

The aim of this work is to study and more deeply understand everything about surface finishing of the printed circuit boards, that are used for lead-free soldering. Mainly we should focus on immersion tin and prepare some fundamental information for future measurement. Therefore, in the first part of the thesis is our main task is to create a sufficient theoretical background for printed circuit boards, immersion tin and solderability. Then we are able to use previously created theoretical background to measure selected samples. Thereafter the measured data can be used for more strict evaluation, from which the results of measurement can be obtained.

## **KEYWORDS**

Immersion tin, printed circuit boards, PCB finishes, solderability, quality, meniscograf, flux, solder, aging time, immersion silver, immersion gold, selective stripping, standards

KARZEL, Vítězslav. *Povrchová úprava DPS imerzním cínem*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, Ústav elektrotechnologie, 2022, 155 s. Diplomová práce. Vedoucí práce: Ing. Jiří Starý, Ph.D.

## Prohlášení autora o původnosti díla

**Jméno a příjmení autora:** Bc. Vítězslav Karzel  
**VUT ID autora:** 195235  
**Typ práce:** Diplomová práce  
**Akademický rok:** 2021/22  
**Téma závěrečné práce:** Povrchová úprava DPS imerzním cínem

Prohlašuji, že svou závěrečnou práci jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucí/ho závěrečné práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Jako autor uvedené závěrečné práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této závěrečné práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 Trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

Brno .....

.....

podpis autora\*

---

\*Autor podepisuje pouze v tištěné verzi.

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Ing. Jiřímu Starému, Ph.D. za odborné vedení, konzultace, trpělivost a podnětné návrhy k práci. Dále bych chtěl poděkovat celkově firmě Gatema Holding s.r.o. za pomoc, jak při výrobě vzorků, tak i při pomoci seznámení se s procesem výroby a jeho názorné ukázky.

# Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>9</b>
<b>2 Teoretický úvod</b>	<b>10</b>
2.1 Druhy povrchových úprav . . . . .	10
2.1.1 Povrchová úprava HASL . . . . .	10
2.1.2 Povrchová úprava OSP . . . . .	11
2.1.3 Povrchová úprava ENIG (Electroless Nickel/Immersion Gold)	12
2.1.4 Povrchová úprava imerzním cínem . . . . .	13
2.2 Smáčivost povrchu . . . . .	16
2.2.1 Metoda smáčecích vah . . . . .	17
2.2.2 Test ponorem . . . . .	19
2.2.3 Kuličkový test . . . . .	19
2.2.4 Test roztékavosti . . . . .	20
2.3 Vnější a vnitřní faktory ovlivňující smáčivost . . . . .	21
2.3.1 Růst intermetalické oblasti a proces stárnutí . . . . .	21
2.3.2 Koroze . . . . .	22
2.4 Metodika měření . . . . .	23
2.4.1 Měření metodou smáčecích vah . . . . .	24
2.4.2 Metodika selektivního stripování a měření úbytku hmotnosti .	24
<b>3 Praktická část práce</b>	<b>26</b>
3.1 Použité vzorky pro měření . . . . .	26
3.2 Podmínky měření a vyhodnocování . . . . .	27
3.2.1 Normy pro určování smáčivosti . . . . .	29
3.3 Průběh prvního měření . . . . .	30
3.3.1 Návod pro obsluhu přístroje provádějící měření pomocí me- tody smáčecích vah . . . . .	30
<b>4 Zhodnocení procesu měření</b>	<b>36</b>
4.1 Měření povrchové úpravy imerzním Sn měděného drátu krátce po výrobě . . . . .	36
4.2 Měření povrchové úpravy imerzním Sn měděného drátu po dvou mě- sících . . . . .	40
4.3 Měření povrchové úpravy imerzním Sn desky plošných spojů krátce po výrobě . . . . .	45
4.4 Měření povrchové úpravy imerzním Sn desky plošných spojů po dvou měsících . . . . .	48

4.5	Druhé měření povrchové úpravy imerzním Sn měděného drátu krátce po výrobě . . . . .	51
4.6	Měření povrchové úpravy imerzním Ag měděného drátu krátce po výrobě . . . . .	54
4.7	Měření povrchové úpravy imerzním Ag desky plošných spojů krátce po výrobě . . . . .	58
4.8	Měření povrchové úpravy ENIG měděného drátu krátce po výrobě . .	61
4.9	Měření povrchové úpravy ENIG desky plošných spojů krátce po výrobě	64
4.10	Měření povrchové úpravy imerzním Sn desek plošných spojů po průchodu přetavovací pecí . . . . .	67
4.11	Měření vrstvy imerzního Sn metodou selektivního stripování . . . . .	73
<b>5</b>	<b>Výsledky měření</b>	<b>78</b>
<b>6</b>	<b>Závěr</b>	<b>84</b>
	<b>Literatura</b>	<b>86</b>
	<b>Seznam obrázků</b>	<b>88</b>
	<b>Seznam tabulek</b>	<b>91</b>
	<b>Seznam symbolů a zkratk</b>	<b>92</b>
	<b>Seznam příloh</b>	<b>93</b>
A	Naměřené průběhy jednotlivých vzorků . . . . .	94
B	MENISCO ST88 . . . . .	117
C	Stannatech 2000 . . . . .	119
D	Tavidlo X33s-07i . . . . .	142
E	Teplotní profil pro průchod přetavovací pecí . . . . .	145
F	Stripovací roztok TS 1000 . . . . .	147
G	Stripovací roztok TS Omega . . . . .	151



# 1 Úvod

Z důvodu neustálé poptávky po deskách plošných spojů, a jejich rozmanitému využití napříč všemi odvětvími, ať už se jedná o různé speciální vojenské přístroje, elektroniku v nemocnicích anebo i běžně používanou elektroniku v domácnostech. Je nutno tyto desky stále inovovat, ale také jejich úprava a ošetření pro funkčnost i v těžkých podmínkách nesmí být opomíjena.

Jak už bylo výše zmíněno desky plošných spojů se používají v různých odvětvích průmyslu i běžného života a aby správně fungovaly, snažíme se pomocí povrchových úprav zlepšit těmto deskám pájitelnost. S lepší pájitelností souvisí menší chybovost desek plošných spojů a z tohoto důvodu se odvíjí i lepší kvalita. Tyto úpravy se liší dle využití desek, finančních možností pro povrchovou úpravu a podle toho před čím je nutno danou desku chránit. Až na pár výjimek většina povrchových úprav poskytuje podobné faktory pro zlepšení pájitelnosti desek plošných spojů a jejich součástí.

Naším cílem v této práci bude odborněji nahlédnout do problematiky povrchové úpravy imerzním cínem, imerzním stříbrem a nad rámec zadání i imerzním zlatem. V první části této práce se problematice věnujeme pouze teoreticky.. Hlavním cílem si bylo vytvořit dostatečné podklady pro měření a praktické řešení problematiky imerzního cínu a imerzního stříbra. V druhé části jsme pomocí připravených podkladů následně schopni provést požadovaná měření a následné zhodnocení výsledků.

Toto měření bude prováděno hlavně pomocí procesu metody smáčecích vah. Naším cílem bude sledovat smáčivosti námi měřených povrchových úprav, jak po jejich výrobě, tak i po cíleném vystavení vlivům, které mají za úkol se tyto smáčivosti pokusit zhoršit. Výsledným zpracováním dat budeme schopni porovnat rozdíly mezi jednotlivými povrchovými úpravami a to jak dobře obstály v testech, kterým byly podrobeny.

## 2 Teoretický úvod

V této teoretické části práce je našim cílem prostudovat problematiku námi řešeného tématu. Zároveň je nutné se pořádně obeznámit s daným tématem a připravit si dostatečné teoretické znalosti pro následné části, ve kterých se budeme zabývat touto problematikou z praktického hlediska. Z teoretického hlediska je nutno nastínit dané téma povrchových úprav desek plošných spojů a jejich druhů. Následně je vhodné popsat jednotlivé druhy těchto povrchových úprav a případně i problematiku s nimi spjatou.

Spoje desek plošných spojů jsou z většiny případů tvořeny mědí. Ta má na jednu stranu skvělé vodivé vlastnosti, ale na druhou stranu je velice náchylná ke korozi. To může způsobit problémy s pájitelností. Z tohoto důvodu je nutné, aby na deskách plošných spojů byla dostatečná povrchová úprava právě vůči korozi. V dnešní době se za standard při výrobě považuje právě bezproblémová pájitelnost desek plošných spojů. Povrchová úprava desek plošných spojů se nachází v prostoru právě mezi deskou a součástkou, se kterou je deska spojena.[1]

Z důvodů zachování správných vlastností mezi deskou a součástkou je zároveň nutné vybrat správnou povrchovou úpravu, která se pro danou desku použije. Existuje značné množství těchto úprav, pro naše potřeby se ale hlavně zaměříme jen na pár z nich a to hlavně na povrchovou úpravu imerzním cínem.

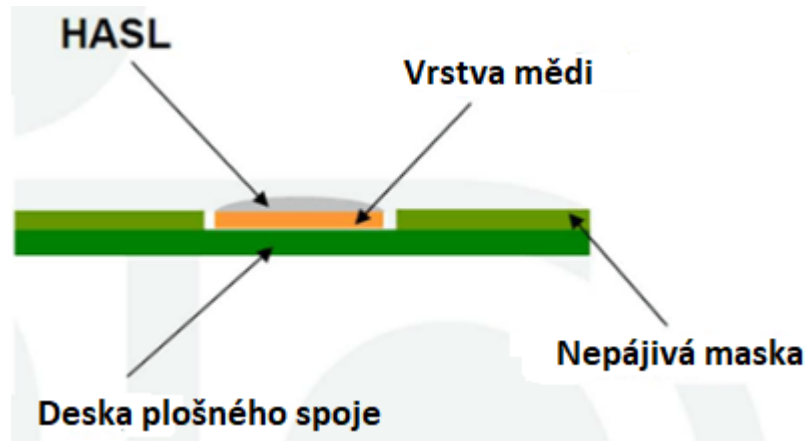
### 2.1 Druhy povrchových úprav

Jak už bylo dříve zmíněno, existuje velké množství povrchových úprav. Tyto povrchové úpravy se liší jak v provedení, tak i ve využití. Ne všechny povrchové úpravy je vhodné použít pro všechny případy desek plošných spojů. Jednotlivé druhy úprav se poté dají rozdělit dle materiálu, který je pro úpravu použit a způsobu jakým je úprava provedena.

#### 2.1.1 Povrchová úprava HASL

Během povrchové úpravy HASL (hot air solder leveling) se za použití roztavené pájecí slitiny a stlačeného vzduchu snažíme vytvořit ochrannou vrstvu. Samotná deska se musí namočit do roztavené pájky a následně stlačený vzduch odstraní všechnu přebytečnou pájku z desky. Použitím tohoto stlačeného vzduchu se dá předejít vzniku nesrovnalostí povrchu a zabránit vzniku například různých můstků, které by mohly vzniknout z nadbytku pájky na desce.[2]

Výsledná úprava HASL má vizuálně barvu do stříbrna. Z hlediska výhodnosti se dá konstatovat, že povrchová úprava disponuje velmi dobrou smáčivostí povrchu a dlouhodobou pájitelností za přijatelnou cenu, na druhou stranu se ale mohou vyskytnout problémy s rovinností a případně i různé omezení tloušťkou.

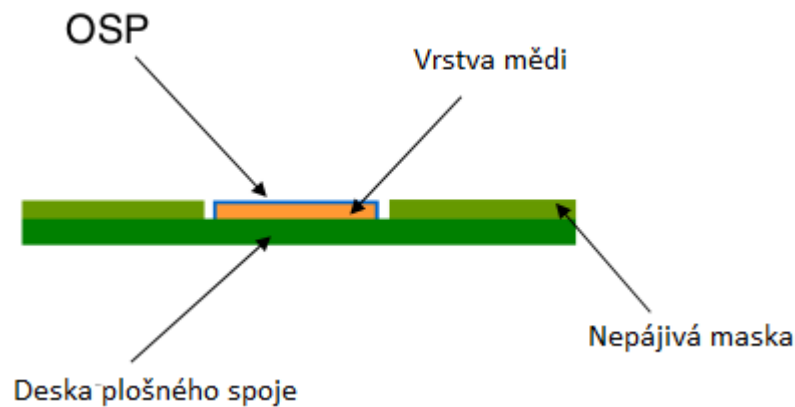


Obr. 2.1: Povrchová úprava HASL [2]

### 2.1.2 Povrchová úprava OSP

Jedná se o chemický proces, během kterého se vytváří tenká organická vrstva na povrchu mědi. Jedná se o jednu z nejlevnějších povrchových úprav, a přesto se pořád jedná o povrchovou úpravu velmi dobré kvality. Hlavní funkcí této úpravy je, jako u každé jiné, hlavně ochránit měděnou vrstvu před oxidací, korozí a jinými vnějšími vlivy.

Jak už bylo výše zmíněno, hlavní z výhod této povrchové úpravy je opět cena, díky které je tato úprava používána napříč všemi odvětvími průmyslu. Vyznačuje se velice dobrou smáčivostí. Většinou se proces vytváření vrstvy po aplikaci tavidla musí opakovat vícekrát z důvodu vytvoření více vrstev. Toto se provádí z důvodu umožnění případného reflow (přetavení).[2]



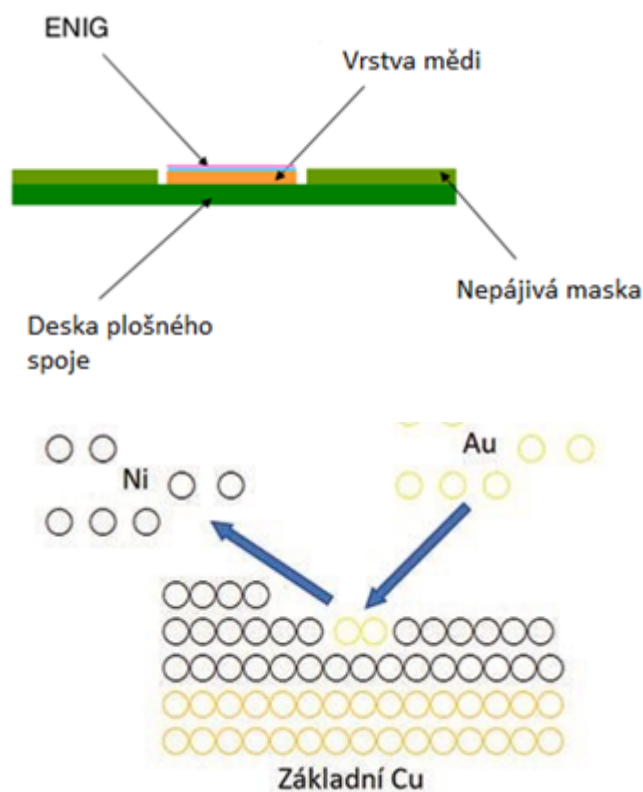
Obr. 2.2: Povrchová úprava OSP [2]

### 2.1.3 Povrchová úprava ENIG (Electroless Nickel/Immersion Gold)

Jak už název úpravy napovídá, jedná se o pokovení imerzním zlatem s podkladovou vrstvou chemického niklu. Tato úprava se používá za účelem dosažení dlouhodobě vysokých elektrických vlastností s vynikající odolností vůči environmentálním vlivům. Výsledná úprava je jednoduše odlišitelná od ostatních, jelikož má žlutou až zlatou barvu.

V samotném procesu je důležité nejdříve na vrstvu mědi nanést vrstvu niklu. V případě nenanesení vrstvy niklu by se zlato difundovalo do mědi v průběhu hodin, což my nechceme. Na tuto vrstvu se poté nanáší vrstva imerzního zlata, která má za úkol ochránit vrstvu niklu a mědi před korozi a zvýšit elektrické vlastnosti mědi.

Hlavními výhodami této úpravy jsou výše zmíněné dobré elektrické vlastnosti, ale také je velice vhodná pro bezolovnaté pájení a má skvělou účinnost vůči korozi. Nevýhodou je potom obzvláště cena této úpravy, což je zapříčiněno cenou použitých materiálů.[2]



Obr. 2.3: Povrchová úprava ENIG [1][2]

### 2.1.4 Povrchová úprava imerzním cínem

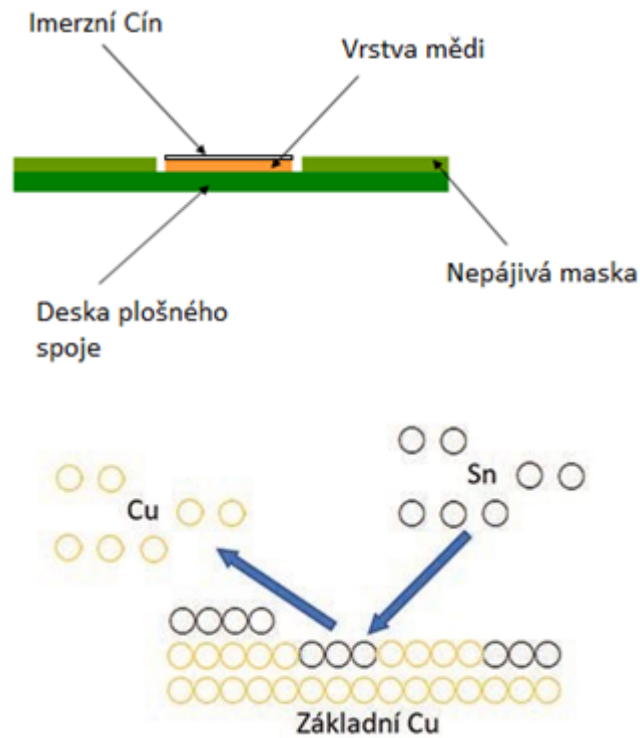
Imerze je možno definovat jako ponoření anebo vnoření. V našem případě se právě jedná o proces, během kterého jsou atomy mědi na desce plošného spoje nahrazovány atomy cínu právě jejich vnořením do roztoku mědnatých vzorků.

Je to jedna ze základních a běžně používaných povrchových úprav. Na vrstvu mědi se nanese tenká vrstva cínu, která se postupně vstřebává do mědi a následně funguje jako ochranná vrstva. Během procesu se deska ponoří do kyselé bezproudé cínovací lázně. V této lázni dochází k chemické reakci rozpouštění mědi a přechodu mědnatých iontů do roztoku, přičemž se na povrch vyloučí tenká vrstva cínu, který je ušlechtilejší než měď (má vyšší elektrochemický potenciál). Chemická reakce procesu je poté následující:  $2\text{Cu} + \text{Sn}^{2+} \rightarrow \text{Sn} + 2\text{Cu}^+$ . Někteří výrobci přidávají mezi vrstvu mědi a cínu ještě vrstvu organického kovu, aby zabránili vzniku intermetalické vrstvy. Díky tomu má povrchová úprava větší kvalitu.

Výhodou je hlavně fakt, že v případě povrchové úpravy imerzním cínem se jedná o dobrou povrchovou úpravu, která disponuje dobrou smáčivostí a dlouhou pážitelností v poměru k její ceně. Dále je velkým plusem možnost použít tuto úpravu pro

bezolovnaté pájení. Je zde také možnost tuto povrchovou úpravu dodatečně opravit anebo opakovat.

Z hlediska nevýhod může být hlavním problémem tvorba výše zmíněných intermetalických vrstev. Při procesu tvorby intermetalické vrstvy může měď začít prorůstat do pokoveného cínu. Dále lze vzít v potaz tvorbu různých cínových whiskerů a citlivost na vnější vlivy, jako jsou teplota nebo vlhkost. Toto může mít za výsledek poškození při manipulaci s deskou.[2] [3]



Obr. 2.4: Povrchová úprava imerzním cínemL [1][2]

Je známým faktem, že smáčitelnosti měděných povrchů je negativně ovlivňována procesem stárnutí. Proto je nezbytné pochopení tohoto procesu z důvodu správné implementace imerzního cínu na desky plošných spojů. Tento proces je dobře popsán v různých literaturách, které se shodují na faktu, že proces stárnutí je závislý na tvorbě intermetalické oblasti. Tvorba této oblasti je závislá na procesu difuze a dá se odvodit dle následující rovnice.[14]

$$d_{\text{IMC}} = k_r * \sqrt{t}$$

$d_{\text{IMC}}$  - tloušťka vrstvy

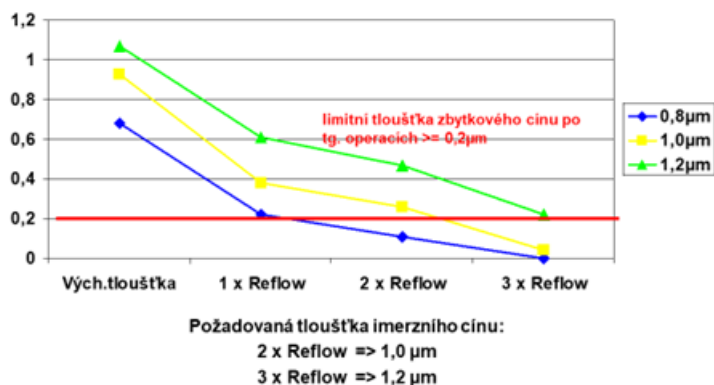
$k_r$  - proporcionalní hodnota teplotní závislosti

$t$  - čas

Z důvodu objasnění kinetiky tvorby intermetalické oblasti a získání charakteristiky, bylo firmou Atotech provedeno měření formou ohřevu v teplotní komoře při teplotách 120 °C a 155 °C. Při měřeních se měnil pouze čas prodlevy.

Na základě měření firmou Atotech bylo dosaženo výsledků, kdy minimální tloušťka čistého cínu na povrchu intermetalické oblasti musí být 0,3  $\mu\text{m}$ , z důvodu zachování dobré smáčivosti. Z tohoto faktu a známé kinetiky lze vyvodit závěr, že tloušťka imerzního cínu, která bude dosahovat dobrou smáčivost i po 4 hodinách a teplotě 155 °C musí být alespoň 1  $\mu\text{m}$ . V případě skladování při pokojové teplotě po dobu jednoho roku je dostatečná tloušťka vrstvy imerzního cínu 0,8  $\mu\text{m}$ . [14] Z přednášek firmy REHM od Dr. Bella na seminářích SMT-info je před pájením přetavením doporučovaná tloušťka minimálně 0,8  $\mu\text{m}$  a pro zajištění dobré smáčivosti minimální tloušťka 0,2  $\mu\text{m}$  cínu Obrázek 2.5.

### LF pájení – požadavek na tloušťku imerzního cínu



Obr. 2.5: Požadavek na tloušťku imerzního cínu [5]

## 2.2 Smáčivost povrchu

Smáčivost povrchu úzce souvisí s jeho pájitelností, která znázorňuje komplex vlastností udávající vhodnost pro průmyslové použití. Povrch smáčeného objektu musí umožnit smočení materiálu roztavenou pájkou během doby vhodné pro vytvoření pájeného spoje. Povrch s dobrou smáčivostí musí zajistit dobré a rovnoměrné roztečení pájedla po celé ploše pájecích plošek.

Pájka postupně získává tvar, který má pro daný systém nejmenší povrchovou energii. Během smáčení začínají na povrchu působit meziatomární síly, díky tomu vzniknou na místech mezifázového rozhraní vazby, které se následně průběžně rozšiřují po celé ploše styku pájecí slitiny a pájecích plošek. Během tohoto procesu dojde ke snížení volné povrchové energie v systému.

Při první fázi procesu smáčení se povrch roztavené pájky a povrch tuhého kovu spojí v jedno mezifázové rozhraní, na kterém následně přecházejí atomy z roztaveného kovu do kovu tuhého. Tímto procesem dojde k vytvoření kovové vazby, a to díky spojení valenčních elektronů. V druhé fázi se nic nemění a podle závislosti na teplotě probíhá neustále difuze obou kovů. Během třetí fáze začíná vytvořený spoj chladnout. Je důležité, aby chlazení probíhalo co neoptimálněji z důvodu možné tvorby zrn pájky. Tyto zrna budou podstatně větší v případě, že bude chlazení pomalé. Velká velikost těchto zrn může výrazně ovlivnit spolehlivost vytvořeného spoje.

Je důležité dbát na správnou volbu materiálů a tím pádem i na dobrou pájitelnost a smáčivost povrchů. V případě použití součástek a desek plošných spojů se špatnou pájitelností může vzniknout nespolehlivý pájený spoj. To platí i pro výběr správného tavidla. Výsledné spoje se dají podle jejich kvality rozdělit do čtyřech skupin.[6]

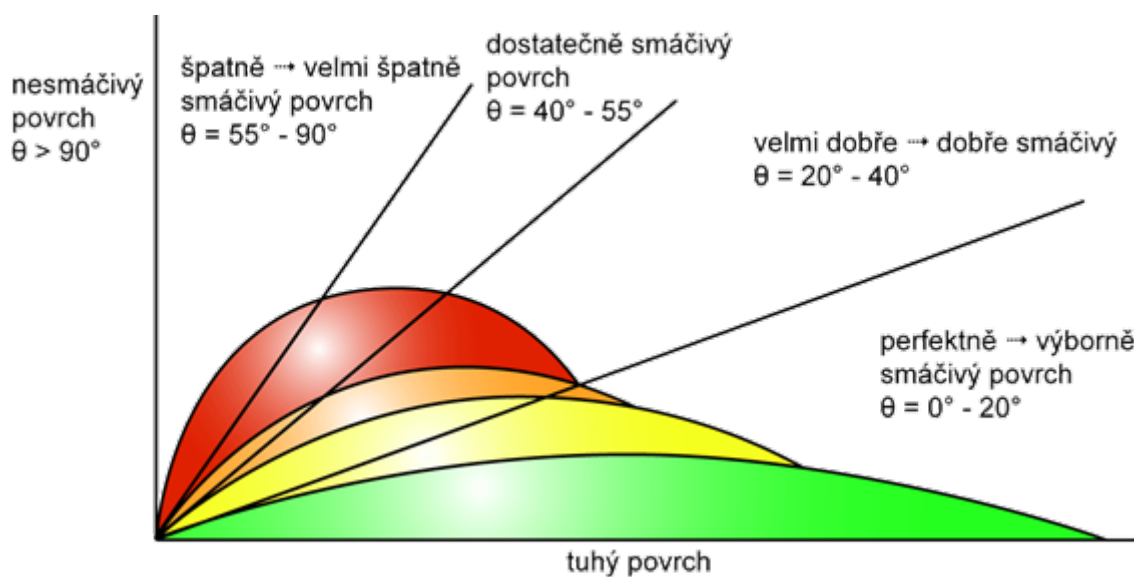
Smáčivý povrch – pájka úspěšně pokryla celý povrch, kvalita se odvíjí od rovnoměrnosti, hladkosti a tloušťky pájky

Částečně smáčivý – pájka nedokonale pokryla povrch, zpravidla existují oblasti s dobře smáčivým povrchem ale i s nesmáčivým

Nesmáčivý povrch – pájka vůbec nepokrývá povrch, zapříčiněno nedostatkem aktivního tavidla a velkou vrstvou oxidů

Odsmáčivý povrch – pájka smočila povrch, ale poté vytvořila na povrchu kapky pájky, nelze jasně definovat kdy je povrch špatně smáčivý a kdy je odsmáčivý





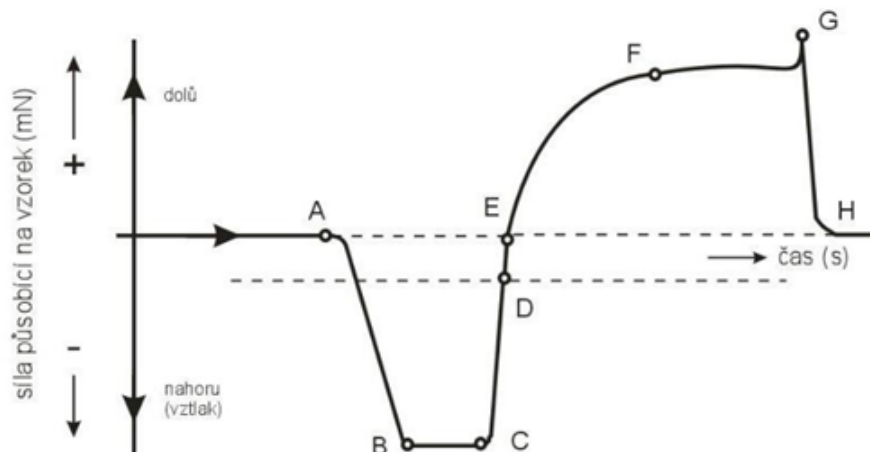
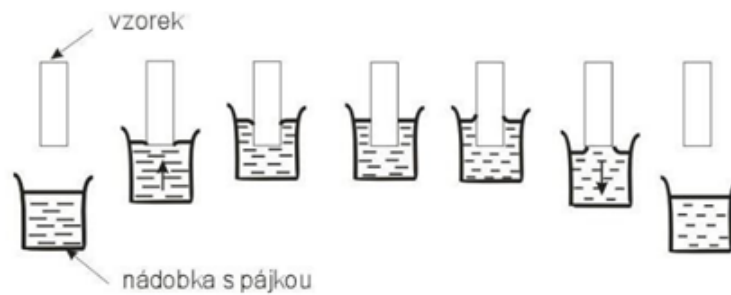
Obr. 2.6: Rozdělení smáčivosti dle smáčecích úhlů [6]

### 2.2.1 Metoda smáčecích vah

Tato metoda se využívá za účelem sledování a změření smáčivosti povrchových úprav nebo určení pájitelnosti substrátů při uskutečnění ponořovacího testu. Nevýhodou této metody může být její cena, díky které nemusí být dostupná pro velké množství firem. Většinou se tedy tato metoda uskutečňuje pouze v laboratorních zařízeních anebo velkých firmách, které si ji mohou dovolit. Test pomocí této metody je definován dle řady norem ČSN EN 60068-2-69 a ČSN 34 5791-2-54.[7]

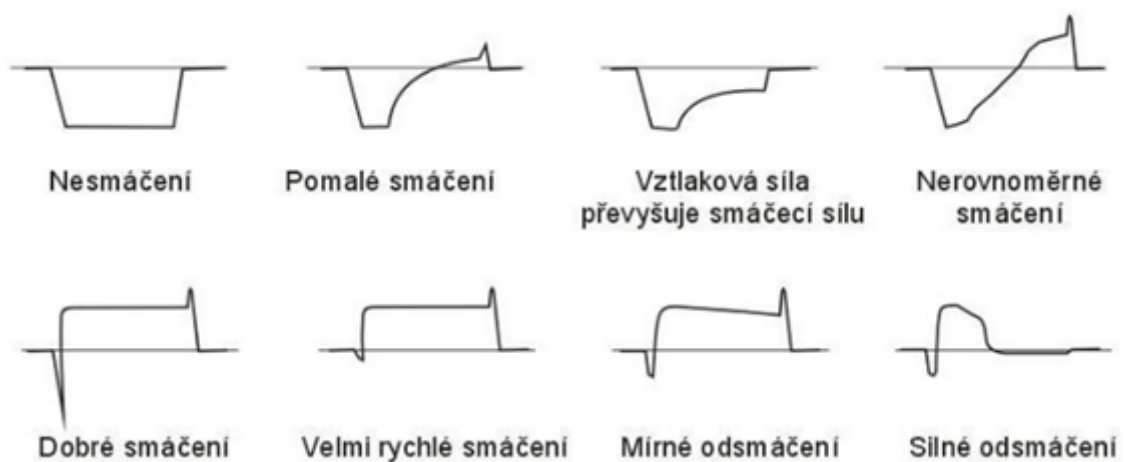
Samotná metoda smáčecích vah se provádí za použití zařízení zvaného Meniskograf. Jedná se o digitální zařízení, které je schopné pomocí jeho mikrovah, do kterých se umísťuje vzorek a nádoby s roztavenou pájkou automaticky změřit pájitelnost materiálů. Je důležité ovšem do řídicí jednotky zadat správné vstupní parametry, které chceme při měření používat.

Průběh metody je tedy následovný. Testovanou součástku je nutno zavěsit nad nádobu s roztavenou pájkou, do které se následně bude součástka nořit. Meniskograf následně změří síly působící na měřený prvek. Rychlost ponoru součástky je ovládána krokovým motorem a je tím pádem možno měnit jak rychlost zdvihu, tak rychlost ponoru. Teplota roztavené pájky je udržována na potřebné hodnotě, a to s odchylkou maximálně 1 °C. Díky sledování všech procesů měření a jejich přesnému řízení, je možné všechna tato měření reprodukovat. Celá metoda i s časovým průběhem je znázorněna na Obrázku 2.7.[7]



Obr. 2.7: Metoda smáčecích vah [7]

Následně jsou na Obrázku 2.8. vykresleny časové průběhy možných výsledků. Dle těchto časových průběhů je možné stanovit smáčivost daného součástky nebo desky plošného spoje a tím pádem předejít jeho nevhodnému použití v praxi.



Obr. 2.8: Různé časové průběhy závislostí smáčecích sil [7]

## 2.2.2 Test ponorem

Je to jedna z nejrychlejší a nejjednodušeji proveditelných metod, pomocí které jsme schopni zjistit pájitelnost součástek a desek plošných spojů. Metoda se odvíjí z principu, kdy na určitý časový interval ponoříme vzorek do pájecí lázně. Po uplynutí časového intervalu a následném vytažení vzorku z lázně můžeme určit dosaženou pájitelnost. Samotný test je možno provést ručně, ale upřednostňuje se možnost využití mechanizovaného zařízení.

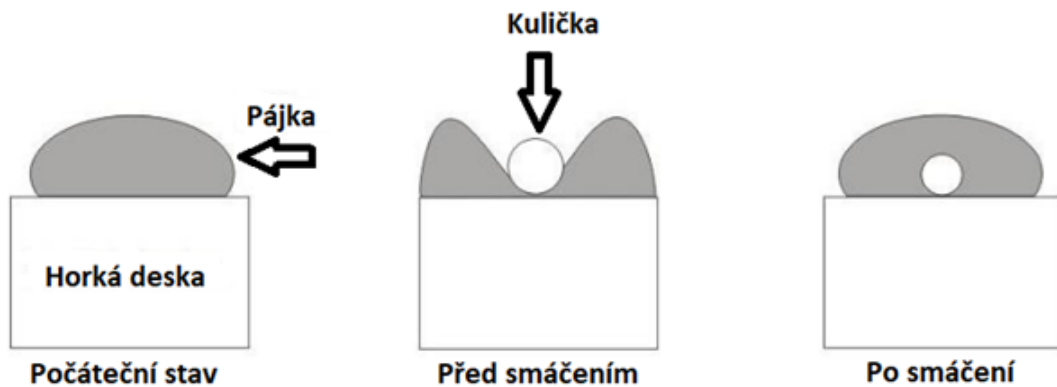
Za výhody testu se dá považovat fakt, že kromě různých součástek je test proveditelný i pro desky plošných spojů. Z hlediska nevýhod je nutno vzít v potaz, že i přes možnou automatizaci měřícího zařízení je výsledek testu stále závislý na vizuálním zhodnocení výsledků. Z tohoto důvodu je test a jeho chybovost ovlivnitelná úsudkem pracovníka, který by ale na základě vizuálního zhodnocení měl být schopen určit procentuální plochu smáčení, stupeň odmaččení (rozpuštění) a rozsah znečištění částí.[8] [9]

## 2.2.3 Kuličkový test

Jedná se o vůbec nejstarší metodu, která se používá k určení pájitelnosti součástek a desek plošných spojů. Test se provádí na podobném principu jako u metody smáčecích vah. Jelikož tato metoda nedosahuje tak dobrých a přesných výsledků jako metoda smáčecích vah, používá se většinou pouze pro rutinní testování referenčních významů. Podmínky a průběh testování je definován pomocí mezinárodních norem IEC.[10]

Malá kapka pájky se zahřeje nad bod tavení, následně je testovaný vývod nebo kontakt zahřán a umístěn na střed kuličky. V momentě ponoření testovaného vývodu do kuličky se pájka rozpůlí po dobu vyskytování smáčení. Tuto dobu smáčení lze určit buďto vizuálně anebo automaticky.

Test je vhodné využít při testování součástek s rozšířenými vývody. Nevýhodou může být, že v případě součástek s malými a blízko sebe umístěnými vývody, může být tento test z praktického hlediska neproveditelný.[11]

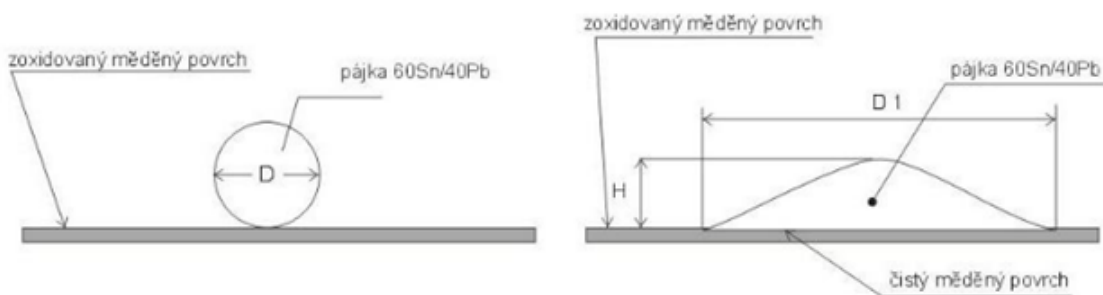


Obr. 2.9: Průběh kuličkového testu [11]

## 2.2.4 Test roztékavosti

Tento test disponuje širokou škálou využití, dá se použít jak v laboratořích, tak i v běžném průmyslu. Dá se pomocí něj změřit aktivace tavidel a snadno se díky němu dá určit pájitelnost kovu a pájecí slitiny.[8]

Princip testu spočívá v umístění daného množství pájky na měřený povrch, kde se nadále změní množství aplikovaného tavidla. Podle rozsahu rozprostření pájky se určí funkce aktivity tavidla. Při zvýšené aktivitě tavidla bude výška pájky nižší. Při nízké hodnotě pájitelnosti bude mít pájka perfektně kulovou plochu s jistým průměrem. Jak je možno vidět na Obrázku 2.10. V případě nedostatečné aktivity tavidla pro odstranění oxidu mědi roztavená pájka nebude smáčet povrch a vytvoří na povrchu kouli o průměru  $D$ . V případě úspěšného odstranění oxidu mědnatého se pájka úspěšně rozprostře a smočí povrchu. Tím získáme průměr  $D_1$  a výšku  $H$ . [12]



Obr. 2.10: Princip testu roztékavosti [12]

## 2.3 Vnější a vnitřní faktory ovlivňující smáčivost

Z hlediska kvality povrchových úprav na deskách plošných spojů, je třeba vzít v potaz možné nedokonalosti, které mohou vznikat již při samotném vytváření povrchových úprav na deskách plošných spojů. V jiných případech se mohou tyto nedokonalosti vyskytnout po určitém čase a špatném skladování, kde je deska vystavena vnějším vlivům. Je nezbytné předejít jejich vzniku, aby nebyla snížena kvalita a funkčnost dané desky plošného spoje.

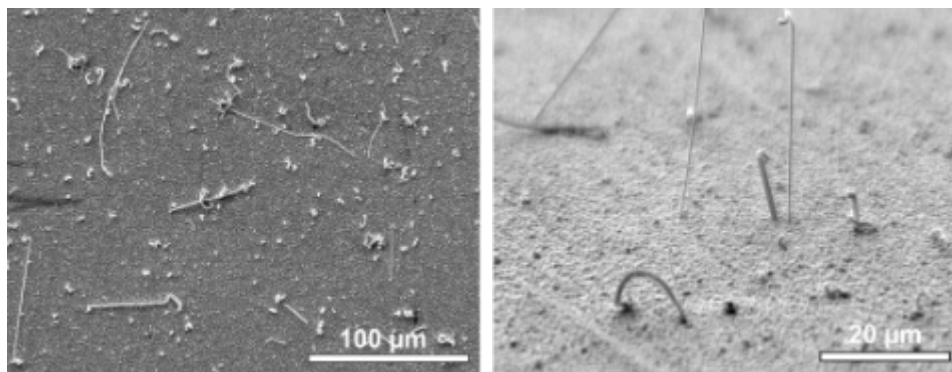
### 2.3.1 Růst intermetalické oblasti a proces stárnutí

Mezi procesem stárnutí a vznikem intermetalické oblasti je zapříčiněna interakcí cínu s mědí a jejich difuzí. Na základě předpokladu, že z kinetického hlediska tento proces závisí a probíhá podle jednoduchého zákona, se dá konstatovat, že kinetické vlastnosti růstu intermetalické oblasti se dají odhadnout pomocí tabulkových hodnot času, teploty a pochopení charakteristiky stárnutí.[14]

Z hlediska nežádoucích parametrů, může zvýšený růst intermetalické oblasti zhoršit spolehlivost povrchových úprav DPS. V důsledku se proto pro zachování ideálních vlastností snažíme získat intermetalickou oblast s ideální šířkou. Tento parametr se, ale bude lišit podle interakce kovů, mezi kterými intermetalická oblast vzniká. Nejčastěji se ale jedná o interakci mezi cínem a mědí.

Jeden z projevů vlivů vnějších a vnitřních faktorů je růst cínových whiskerů. Jedná se o různé výrůstky na povrchu, které se mohou u DPS vyskytnout. Tyto whiskery představují v mikroelektronice velkou hrozbu, protože mohou vytvářet zkratky na obvodu. Vznik nebo růst whiskerů může být zapříčiněn tlakovým namáháním na vrstvě cínu (mechanickým zatížením, objemové expanze oxidu, růstem intermetalické oblasti aj.).

Vrstva cínu se snaží tvorbou těchto whiskerů uvolnit tlakové napětí, které se v ní nachází. Mimo jiné mohou vznik whiskerů zapříčinit i obecné fyzikální parametry cínu jako jsou tloušťka, velikost nebo tvar zrna. Tyto parametry lze ale ovlivnit depozičními technologiemi jako jsou galvanické pokovování, chemické pokovování (bez elektrické energie) a vakuové odpařování. Jak již bylo výše zmíněno, tvorbě whiskerů se dá předejít za použití správných prostředků. V případě použití tlustější vrstvy cínu se zvýší inkubační doba a šance pro tvorbu whiskerů se sníží. Dále se dá tvorbě předejít při použití menších zrn cínu anebo použitím horizontální struktury zrn.[13]



Obr. 2.11: Zobrazení whiskeru pod elektronovým mikroskopem [13]

### 2.3.2 Koroze

Další z možných vlivů vnějšího prostředí, působícího na desky plošných spojů, může být i výskyt koroze. Například z hlediska poškození v elektronických systémech v automobilovém průmyslu, bývá koroze jedním z hlavních viníků těchto defektů. Aby se předešlo poškození korozí, jsou desky plošných spojů ošetřeny tak aby měly, co největší šanci tomuto poškození předejít.

Koroze je interakce mezi dvěma materiály nacházejícími se ve své blízkosti a prostředím, ve kterém se oba tyto materiály nacházejí. Jedná se o fyzikálně-chemickou reakci systému, která zapříčiní změnu vlastností materiálu. Může zapříčinit chybovost funkce povrchové úpravy, materiálu nebo i samotného systému a eventuálně celkovou poruchu a jeho úplnou nefunkčnost.

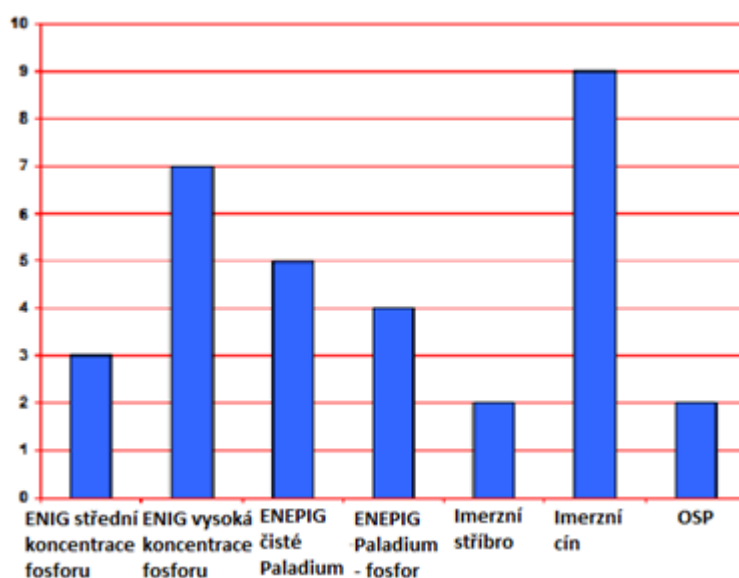
Vznik koroze podporují vnější vlivy, jako jsou například vlhkost nebo proudění vzduchu. Nesmíme ale opomenout ani chemické ovlivnění různými solemi anebo prostředím s vysokým obsahem síry. Dále může vznik zapříčinit i špatná kombinace nepá-jivé masky, tavidel a procesu úpravy. Samotné rozvržení součástek na desce plošného spoje může vznik koroze taktéž ovlivnit. V poslední řadě nesmíme opomenout působení plynů vyskytujících se v prostředí ( $\text{NO}_2$ ,  $\text{Cl}_2$ ).

Pro zjištění odolnosti povrchové úpravy vůči korozi, mohou být provedeny různé testy. Na základě těchto testů se následně hodnotí odolnost povrchové úpravy. Každý z těchto testů má jiný princip a své výhody.

- $\text{SO}_2$  – Plynový test – běžně používaný v průmyslu výroby mobilních telefonů
- Kesternichův test – test povrchových úprav, má vysokou reprodukovatelnost
- Sprejování solí v testovací komoře

- Test povrchové izolace – používá se pro zjištění odolnosti izolace základních materiálů, nepájivé masky a spojů

Firma Atotech prováděla tyto testy pro různé povrchové úpravy desek plošných spojů. Konkrétně se jednalo o povrchové úpravy OSP, imerzním cínem, imerzním stříbrem, ENIG s vysokou a střední koncentrací fosforu v niklu (pro zlepšení vlastností a ochraně proti korozi) a ENEPIG. Po provedení těchto testů a jejich vyhodnocení, je povrchovou úpravou s nejlepšími výsledky v ochraně proti korozi imerzní cín, který je následován úpravou ENIG s vysokou koncentrací fosforu v niklu. Což je z hlediska využití velice výhodné, protože úprava imerzním cínem je běžně používaná a jedná se o jednu z nejlevnějších úprav.[15]



Obr. 2.12: Výsledky odolnosti vůči korozi [15]

## 2.4 Metodika měření

Z hlediska metodiky budeme pro měření smáčivosti používat více metod. Hlavními, námi používanými metodami, bude metoda smáčecích vah a metoda selektivního stripování. Cílem využití těchto metod bude co nejlépe sledovat vliv různých teplotních a environmentálních vlivů i opakovaných průchodů přetavovací peci na smáčivost desek plošných spojů.

## 2.4.1 Měření metodou smáčecích vah

Pro tuto metodu bude námi měřené DPS a dráty s různými povrchovými úpravami podrobit testům opakovanému průchodu přetavovací pecí, izotermálního stárnutí a environmetálních vlivů na testovacích vzorcích. Jako povrchově upraveny testovací vzorky budou sloužit oboustranně Cu (18  $\mu\text{m}$ ) plátovaný základní materiál typu FR-4 s  $T_g > 150$  °C a měděný drát tloušťky 1 mm. Tento materiál je pokoven standardní tloušťkou imerzního cínu od vybraných výrobců DPS. Následně budeme moci změřit smáčivost pomocí metody smáčecích vah. Jako pomocnou metodu lze využít i dynamické vlastnosti roztékající se kuličky pájky na dané povrchové úpravě. Principy těchto metod jsou podrobně popsány v kapitolách 2.2.3 a 2.2.1

## 2.4.2 Metodika selektivního stripování a měření úbytku hmotnosti

Během tohoto procesu se pomocí chemické reakce postupně odstraňují vrstvy cínu a intermetalické sloučeniny z povrchu mědi. Toto je proveditelné za využití různých roztoků a směsí, které jsou zpravidla na bázi organických kyselin. Existují dva systémy, kterými je stripování proveditelné. Jedná se o systémy jednostupňové a dvojestupňové. Během procesu jednostupňového systému se odstraní vrstva cínu i vrstva intermetalické oblasti. Tento jednostupňový systém může být nevýhodný z důvodu možného nerovnoměrného odstranění vrstev cínu a intermetalické oblasti. Následně tyto nerovnosti mohou zapříčinit chybu v měření hmotnosti. V případě využití dvoustupňového systému se pro stripování využívá dvou různých roztoků. První z roztoků má za úkol odstranit vrstvu cínu, aby mohl následně druhý z použitých roztoků odstranit intermetalickou oblast.[16]

Pro výše zmíněné dvojestupňové i jednostupňové stripování používají firmy zabývající se touto činností vlastní kombinace roztoků. Například firma Atotech pro toto stripování používá kombinaci roztoků TinSolv® a SolderStrip®, aby zajistili čistý a kvalitní povrch mědi po provedení stripování. TinSolv® se využívá při stripování cínu a SolderStrip® se využívá jak při stripování cínu, tak i olova. Tyto roztoky poskytují dostatečně kvalitní výsledek stripování. Po konci procesu je rovnoměrně stripován jak celkový povrch, tak i malé průměry pokovených otvorů a slepé průchody. Výpočtem z úbytku hmotnosti, hustoty a známé plochy zjistíme změnu tloušťky.



$$h = m / (S * \rho)$$

$h$  - tloušťka [cm]

$m$  - hmotnost [g]

$S$  - známá plocha [cm<sup>2</sup>]

$\rho$  - hustota [g/cm<sup>3</sup>]

Během měření bude potřeba ověřit i selektivitu leptacích roztoků vůči mědi. V našem případě budou odstraněny vrstvy cínu a měřen úbytek jak vrstev cínu, tak i intermetalické fáze. Tyto úbytky jak pro jednostupňové, tak i pro dvoustupňové stripování budou následně měřeny pomocí analytických vah s přesností na 0,1 mg.

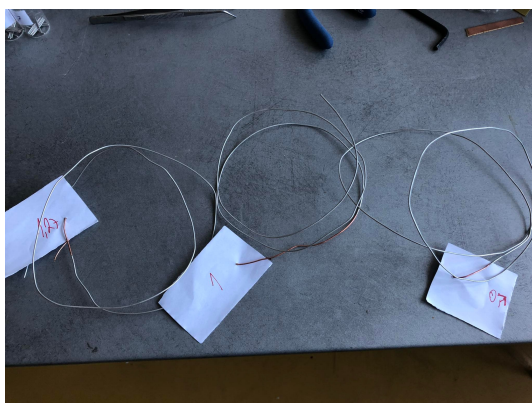
## 3 Praktická část práce

Pro uskutečnění praktického měření bylo nejdříve nutné vytvoření, tedy povrchové upravení vzorků, u kterých budeme následně měřit jejich smáčivosti. Vzorky pro měření jsme byly schopni získat po spolupráci s firmou Gatema Holding s.r.o., kde nám byli ochotni povrchově upravit vzorky pomocí metody imerzního cínu, imerzního stříbra a ENIG. U vzorků bylo nutné, aby odpovídaly předem domluveným parametrům, hlavně tedy tloušťce povrchové úpravy. Po samotné výrobě vzorků, byly vzorky přeměřeny na rentgenovém spektrometru CMI 900 XRF. Důvodem bylo ujistění, že vzorky odpovídají námi požadovaným hodnotám a abychom dostali hodnoty pro porovnání našeho budoucího měření pomocí selektivního stripování.

### 3.1 Použité vzorky pro měření

Samotné povrchové úpravy vzorků, na kterých bylo prováděno měření byly vyrobeny firmou Gatema Holding s.r.o. V případě povrchové úpravy imerzním cínem byla provedena pomocí lázně Stannatech 2000V. Jedná se o kyselou bezproudovou cínovací lázeň, pro vylučování cínových povlaků na strukturovaných plošných spojích určených k pájení a lisování. Typ Stannatech 2000V je speciálně vyvinut pro vertikální aplikaci a aby bránil vytváření hrotů. Podrobné parametry této lázně jsou uvedeny v návodu k použití, který je možno najít v Příloze C této práce.

Ve finále jsme byli schopni získat vzorky různých povrchových úprav, které měly námi potřebné parametry. Všechny povrchové úpravy byly provedeny jak pro měděný drát průměru 1 mm tak i desku plošného spoje typu FR4. Ilustrační obrázek drátu s povrchovou úpravou imerzním cínem je vidět na Obrázku 3.1. Pro všechny měřené vzorky, všech povrchových úprav bylo použito tavidlo typu X33s-07i (Obrázek 3.2). Jedná se o standardní tavidlo na bázi syntetické pryskyřice, bezoplachového typu, které nezanechává zbytky po pájení. Podrobný popis tavidla lze najít v Příloze D. Vzorky, které prošly procesem stárnutí mu byly podrobeny po dobu 1 h a teplotě 145 °C.



Obr. 3.1: Povrchově upravený drát



Obr. 3.2: Tavidlo X33s-07i

## 3.2 Podmínky měření a vyhodnocování

### Parametry měření a procesu stárnutí

Během měření bylo nutno dodržovat správné parametry pro průběh tohoto procesu. Tyto parametry jak pro samotné smáčení tak pro proces stárnutí poté byly:

Doba ponoru (čas imerze) - 10 s

Rychlost ponoru a vytažení - 21 mm/s

Hloubka ponoru - 3 mm

Teplota pájky - 245 °C

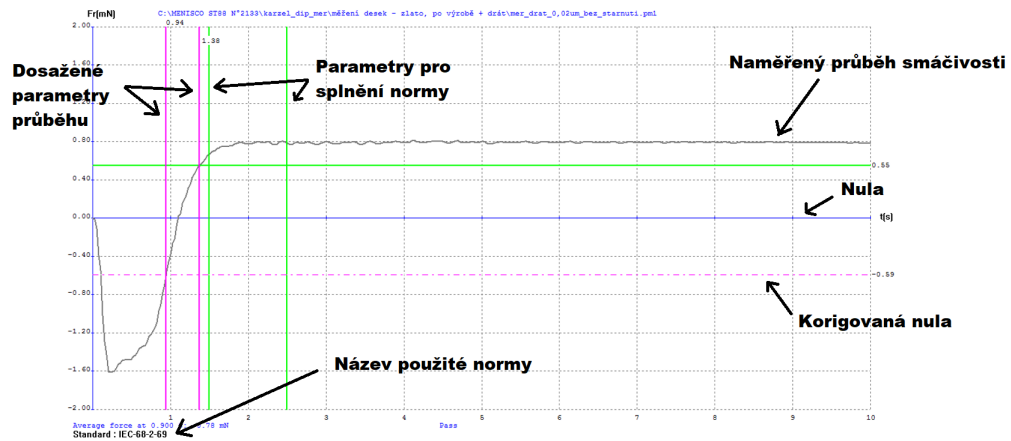
Přehřátí - NE

Doba procesu stárnutí - 1 h

Teplota procesu stárnutí - 145 °C

### Vyhodnocování průběhu smáčecích charakteristik

Měření bylo vyhodnocované ze smáčecích charakteristik. Pro názorný popis byla použita charakteristika měření ENIG zobrazená na Obrázku 3.3. Hlavními parametry, které sledujeme jsou hodnoty potřebné pro splňování norem a zda vzorek dosáhne smáčivosti.



Obr. 3.3: Popis smáčivostní charakteristiky

Pro popis a výpočet charakteristik a získání klíčových hodnot pro určení výsledného poměru síly a času  $F_2/t_{2/3}$  byly použity vzorce:

$$F = F_w - F_{vz}$$

$$F_{2/3} = F_2 \times \frac{2}{3}$$

$$F_w = \gamma \times p \times \cos\theta$$

$$F_{vz} = g \times \rho \times V$$

$$F_2 = F_w$$

$F$  = rovnovážná smáčecí síla [N]

$F_w$  = smáčecí síla [N]

$F_{vz}$  = vztlaková síla [N]

$F_2$  = maximální smáčecí síla [N]

$p$  - obvod vzorku [m]

$\gamma$  - povrchové napětí mezi roztavenou pájkou a tavidlem (SAC 0,535 N.m<sup>-1</sup>)

$\theta$  - smáčecí (kontaktní) úhel [rad]

$g$  - gravitační konstanta ( $9,81 \text{ m.s}^{-2}$ )

$\rho$  - hustota roztavené pájky ( $\rho = 7380 \text{ [kg.m}^{-3}\text{])}$

$V$  - objem vnořený do roztavené pájky [ $\text{m}^3$ ] - průřez vzorku  $\times$  hloubka ponoření

### 3.2.1 Normy pro určování smáčivosti

Pro určení smáčivosti vzorků, tedy zda splňují anebo nesplňují parametry byly použity normy IEC 68-2-69 a IPC-STD-002/3.

#### Evropská norma IEC 68-2-69

Jedná se o základní standardizovanou normu používanou pro zhodnocení výsledků měření ponořovacích testů, měření pomocí metody smáčecích vah a kuličkového testu. Přesné parametry této normy lze nalézt i v české verzi normy ČSN EN 60068-2-69 ed. 2. Základními parametry, které je nutno dodržet pro využití této normy jsou:

- Tavidlo - na bázi přírodní pryskyřice anebo karboxylové kyseliny
- Materiál - Sn60Pb40 při teplotě  $235 \text{ }^\circ\text{C}$  anebo bezolovnatý při  $245 \text{ }^\circ\text{C} \pm 3 \text{ }^\circ\text{C}$
- Čas imerze - 5 až 10 s
- Předehřátí - NE

Výsledné kritéria, pomocí kterých se hodnotí zda měřený prvek v testu uspěl, jsou poté čas kdy naměřená charakteristika překročí korigovanou nulu. Dále by měl být čas kdy dosáhne hodnoty  $2/3$  z maximální síly menší než 1 s.

#### Mezinárodní norma IPC/J-STD-002/3

Opět se jedná o základní standardizovanou normu používanou pro zhodnocení výsledků měření ponořovacích testů, měření pomocí metody smáčecích vah a kuličkového testu. Kromě běžných testů se používá i při testech na deskách plošných spojů a jejich komponentů. Základními parametry, které je nutno dodržet pro využití této normy jsou:

- Tavidlo - typ R, RMA nebo RA
- Materiál - Sn60Pb40 při teplotě  $245 \text{ }^\circ\text{C}$  anebo bezolovnatý
- Čas imerze - 5 až 10 s

- Stupeň imerze - 45° až 70° pro SMD
- Předehřátí - NE

Jedním z kritérií, pomocí kterých se hodnotí zda měřený prvek v testu uspěl je čas, ve kterém naměřená charakteristika překročí korigovanou nulou, tento čas nesmí být větší než 1 s. Dále musí být čas, kdy je dosažena hodnota 2/3 z maximální smáčecí síly menší než 1 s a minimální hodnoty síly by měly být opět dosaženy ve druhé a páté vteřině.

Hlavním rozdílem mezi touto a evropskou metodou je tedy čas dosažení korigované nuly. V tomto parametru je evropská norma jednodušeji dosažitelná. Proto je možné, že vzorek, který nesplňuje mezinárodní normu, může i tak splňovat normu evropskou.

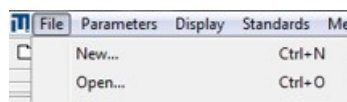
### 3.3 Průběh prvního měření

Měření bylo provedeno metodou smáčecích vah na přístroji (meniskografu) typu MENISCO ST88. Jedná se o přístroj novějšího typu, který je vybaven dvěma moduly a je schopen provést celé množství různých testů smáčivosti. Podrobné parametry přístroje jsou opět uvedeny v Příloze B této práce. Samotná obsluha přístroje je prováděna v programu METRONELEC Menisco, který je vytvořen právě za účelem obsluhy přístroje pro provádění metody smáčecích vah.

Jelikož se jedná o nový přístroj, kterým naše fakulta disponuje, bylo součástí naší práce během měření zároveň i vytvoření návodu pro obsluhu přístroje a práci v programu. Cílem tvorby tohoto návodu je snadnější seznámení budoucích studentů provádějících měření na tomto přístroji.

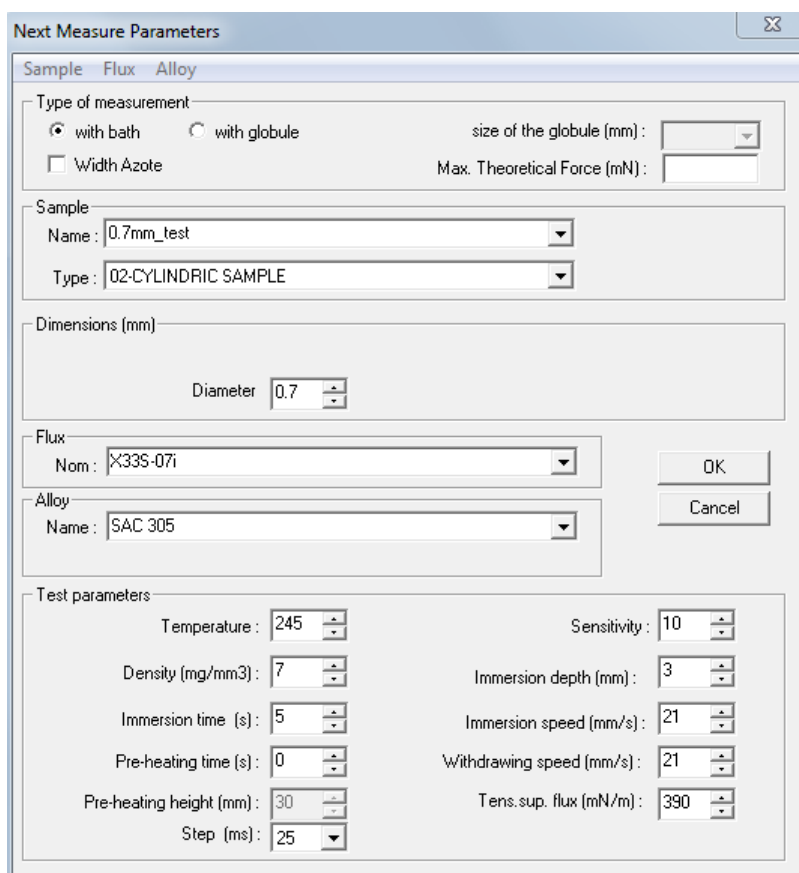
#### 3.3.1 Návod pro obsluhu přístroje provádějící měření pomocí metody smáčecích vah

Po otevření programu METRONELEC Menisco, který se používá pro obsluhu přístroje, se dostaneme do prázdného rozhraní, v tomto rozhraní musíme v první řadě vytvořit nový projekt, se kterým budeme nadále pracovat. Projekt vytvoříme pomocí záložek „File -> New...“ Obrázek 3.4, při pojmenování projektu je důležité nepoužívat znak „.“, při jeho použití zobrazí program hlášení o chybě a projekt se neuloží.



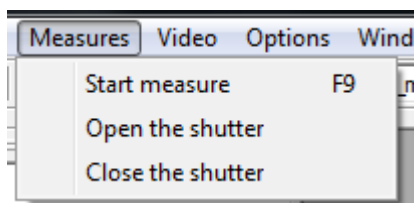
Obr. 3.4: Tvorba nového projektu

Dalším krokem je nastavení parametrů pro měření v záložce „**Parameters**“. Vybereme „**Next measure**“ a v novém okně, které se nám zobrazí (Obrázek 3.5), jsme následně schopni nastavit parametry našeho měření.



Obr. 3.5: Okno pro nastavení parametrů měření

Po nastavení parametrů, odpovídajících našemu měření, jsme schopni začít s měřením. Před začátkem, je ale ještě nutno zkontrolovat kryt meniskografu. Kryt by se měl totiž otevřít hned při zapnutí programu, pokud byl ale program zapnutý a kryt manuálně uzavřený, je ho nutno opět manuálně otevřít. To se dá opět provést v programu pro obsluhu. V záložce „**Measures**“ musíme použít funkci „**Open the shutter**“, která kryt otevře.

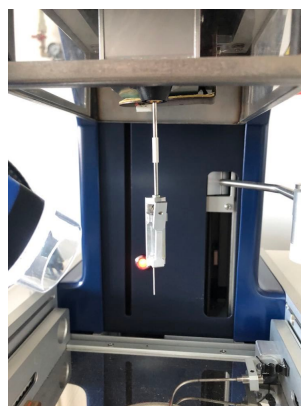


Obr. 3.6: Otevření krytu meniskografu

Po otevření krytu je nutno ještě vzorek umístit do držáku, kterým přístroj disponuje (Obrázek 3.7). Když máme vzorek uchycen v držáku, můžeme ho namočit do tavidla, které pro měření používáme. Je vhodné do tavidla namočit 5 mm vzorku a po namočení špičku vzorku lehce otřít o papírový ubrousek. Důležité je, aby byl vzorek v držáku dobře uchycen, aby po jeho umístění v meniskografu mířil přímo kolmo k pájce (Obrázek 3.8). V případě špatného uchycení může být měření zkresleno.



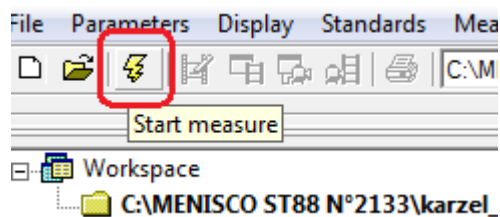
Obr. 3.7: Držák



Obr. 3.8: Držák v meniskografu

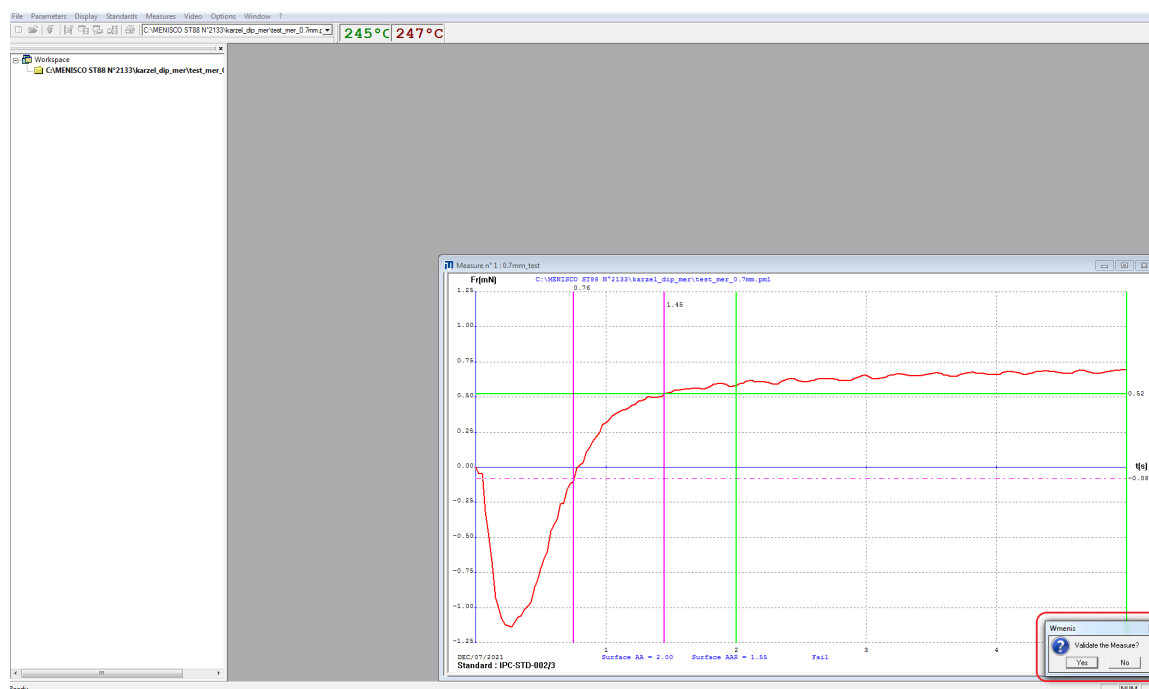
Při splnění všech výše uvedených podmínek a procesů, jsme schopni začít se samotným měřením. Měření zapneme pomocí ikony blesku v akční liště (Obrázek 3.9). Je možné, že se hned po kliknutí na ikonu měření nezapne, může to být zapříčiněno tím, že přístroj není zahřátý na požadovanou teplotu. V tomto případě je nutno počkat než se přístroj nahřeje a když se tomu tak stane, přístroj začne automaticky pokračovat v měření.



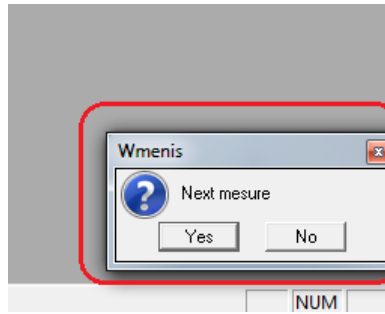


Obr. 3.9: Ikona pro zapnutí měření

Po změření vzorku se nás program zeptá zda měření proběhlo správně, a tedy zda chceme naměřená data validovat (Obrázek 3.10). V dalším kroku po validování nebo nevalidování dat se nás program zeptá, zda chceme pokračovat v měření dalšího vzorku (Obrázek 3.11). Tuto možnost se dá využít pouze v případě měření vícero vzorků stejných parametrů a před potvrzením této možnosti je nutno vyměnit vzorek v držáku za nový.

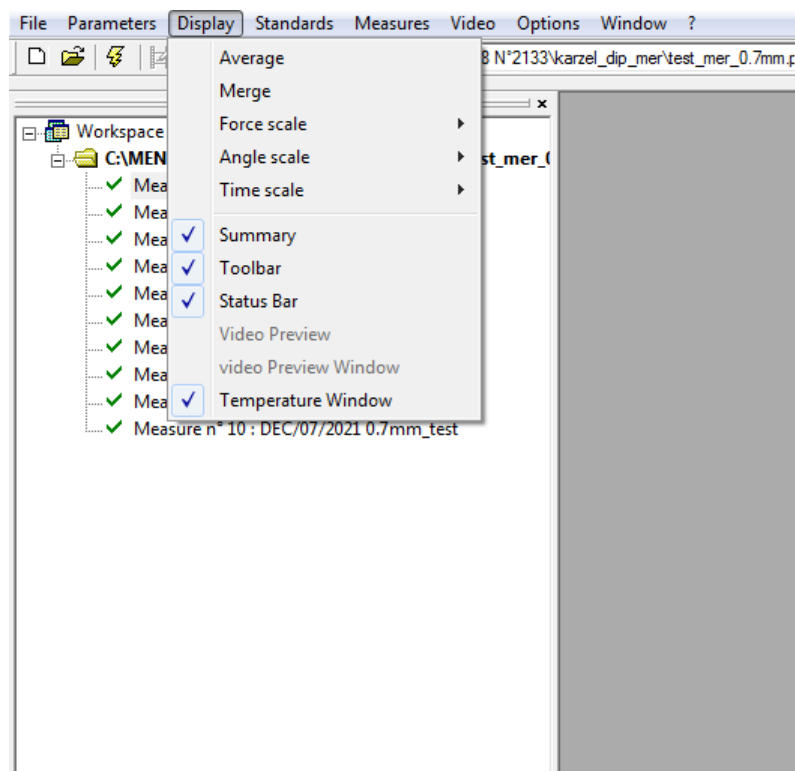


Obr. 3.10: Okno pro validování výsledků



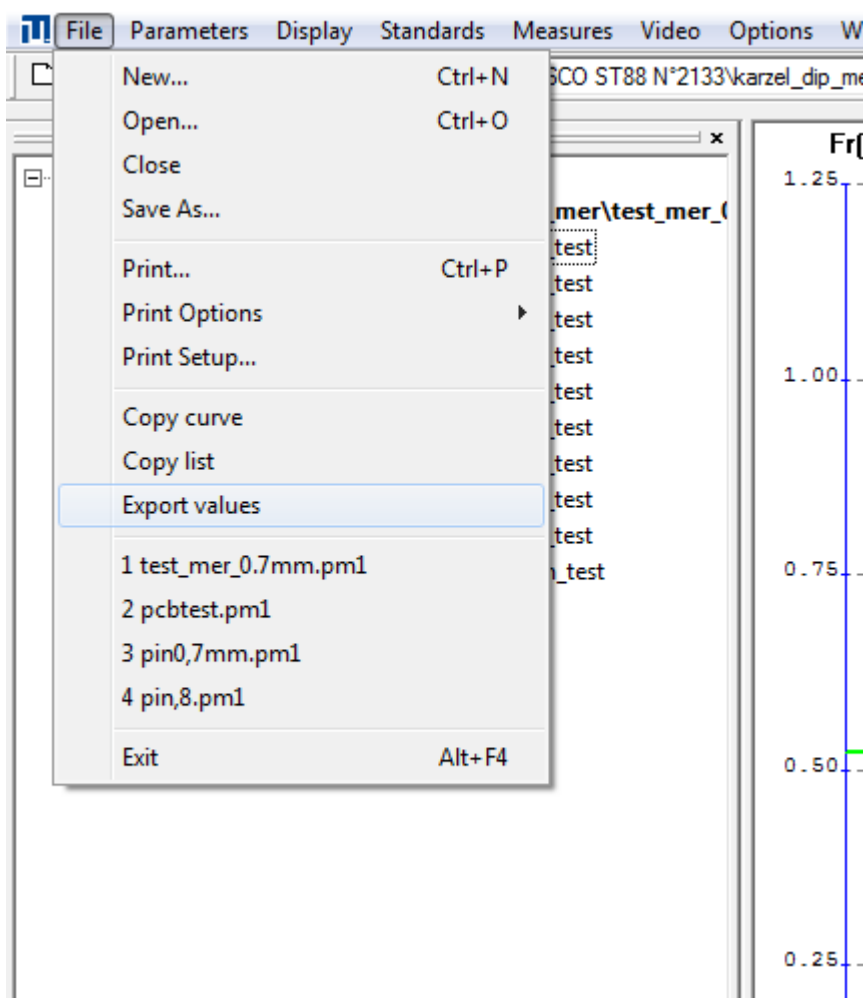
Obr. 3.11: Okno pro další měření

V případě dokončení měření sady vzorků stejných parametrů jsme schopni dále pracovat s vykreslenými grafy smáčivosti. Program je schopen vyhodnotit u každého vzorku, zda splňuje parametry daných norem. Po vyhodnocení charakteristiky měření poté do okna s danou charakteristikou vypíše zda vzorek v testu smáčivosti obstál (Pass) anebo neobstál (Fail). Pomocí záložky „**Display**“ (Obrázek 3.12) jsme poté schopni grafy například spojit do jednoho (jakožto průměrnou hodnotu průběhů charakteristik) anebo vykreslit všechny průběhy do jednoho grafu.



Obr. 3.12: Záložka Display

Naměřená data jsme přímo z programu schopni exportovat a to pomocí záložky „**File**“ (Obrázek 3.13). Nabízí se dvě možnosti, v první stačí ze seznamu vybrat „**Export values**“, tímto způsobem vyexportujeme soubor typu XLS s klíčovými hodnotami charakteristik. Druhý způsob je využití funkce „**Print**“, tímto způsobem získáme dokument typu XPS, který obsahuje vkreslené průběhy charakteristik, tabulku hodnot, parametry při kterých bylo měření prováděno a v neposlední řadě i seznam jednotlivých vzorků s vyhodnocením, zda dosahují hodnoty smáčivosti pro použitou směrnici.



Obr. 3.13: Exportování dat

## 4 Zhodnocení procesu měření

V této kapitola bylo provedeno prvotní zhodnocení námi naměřených výsledků. Obzvláště pak snaha o jejich porovnání mezi jednotlivými povrchovými úpravami a jejich tloušťkami. Dále také byly výsledky prvotně vyhodnocovány z hlediska úspěšnosti v mezinárodních a evropských normách. Pro větší přehlednost byly v této kapitola zobrazeny hlavně zprůměrované hodnoty průběhů naměřených dat. Průběhy jednotlivých vzorků jsou k dispozici k nahlédnutí v Příloze A této práce.

### 4.1 Měření povrchové úpravy imerzním Sn měděného drátu krátce po výrobě

První měření bylo provedeno pro povrchovou úpravu měděného drátu krátce po výrobě. Z drátu každé povrchové úpravy byl manuálně odstřiženy vzorky. Tyto vzorky byly následně připraveny na samotné měření (Obrázek 4.1). Polovina každého typu takto připravených vzorků byla podrobena procesu stárnutí. Vzorky byly následně změřeny a výsledky měření vyhodnoceny.



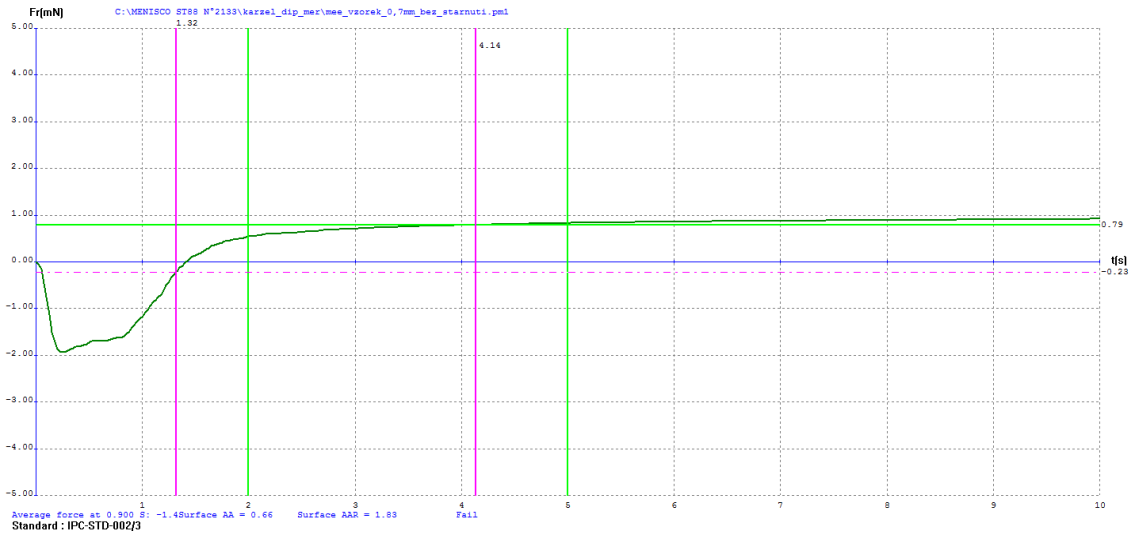
Obr. 4.1: Vzorky měděného drátu s povrchovou úpravou imerzním Sn

#### Měděný drát s povrchovou úpravou tloušťky 0,7 $\mu\text{m}$

U vzorků s povrchovou úpravou 0,7  $\mu\text{m}$  byly naměřeny průběhy zobrazené na Obrázcích A.1 a A.2. Na základě zhodnocení těchto průběhů bylo možné určit zda vzorky dosahují dostatečné smáčivosti, stejný postup se dá využít i pro průměrnou hodnotu a tím určit hodnotu smáčivosti u celé sady vzorků najednou.

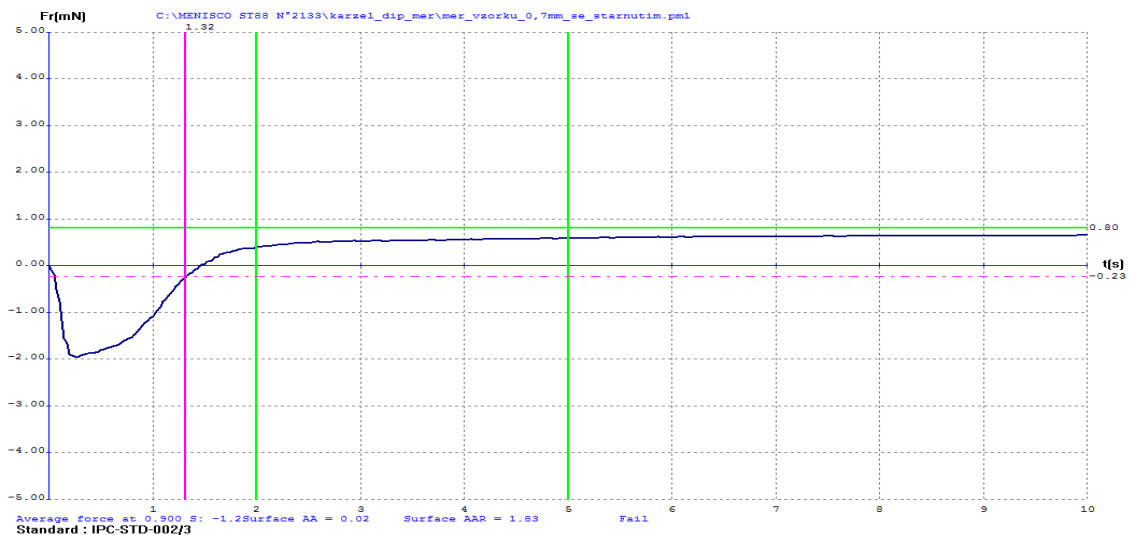
V případě vzorků povrchové úpravy 0,7  $\mu\text{m}$  nesplňoval parametry mezinárodní normy IPC-STD-002/3 ani jeden ze vzorků, toto lze pozorovat na Obrázcích 4.2 a 4.3. Naopak evropskou normou úspěšně prošlo 11 ze 14 vzorků, které neprošly stárnutím.

V případě vzorků, které prošly stárnutím byla úspěšnost 8 z 12. Vyšší úspěšnost u vzorků, které neprošly procesem stárnutí byla očekávána důvodem bylo to, že z teoretického hlediska proces stárnutí měl zhoršit smáčivost vzorků.



Obr. 4.2: Průměr vzorků 0,7  $\mu\text{m}$  bez stárnutí

Jak lze vidět na Obrázcích A.1 a A.2 je v dosažení maxima smáčecí síly značný rozdíl. Vzorky, které prošly procesem stárnutí, nedosahují tak velké smáčecí síly jako vzorky, které procesem stárnutí neprošly.



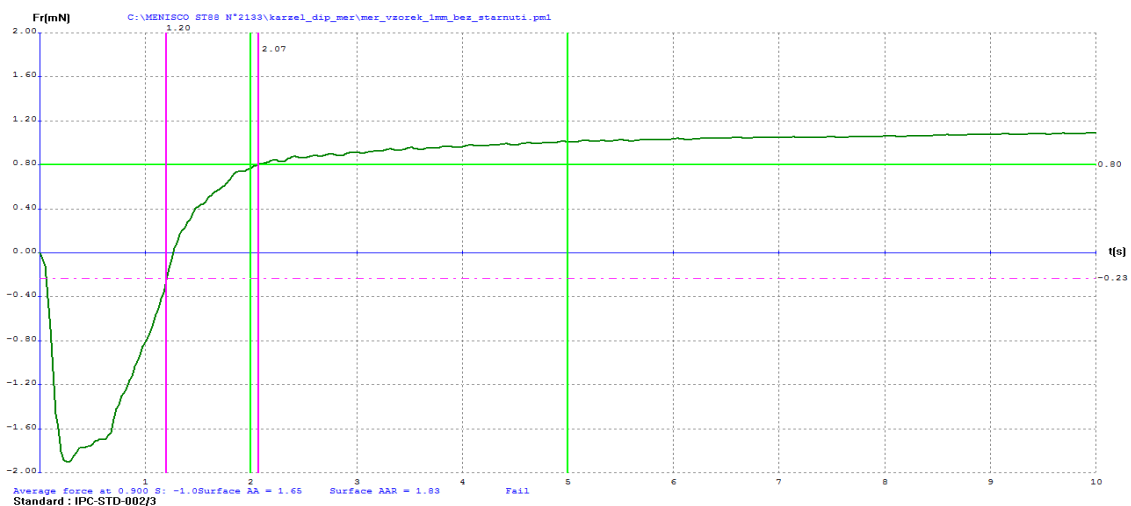
Obr. 4.3: Průměr vzorků 0,7  $\mu\text{m}$  se stárnutím

Při vytváření grafu průměrných hodnot se stárnutím Obrázek 4.3 byla vynechána hodnota vzorku 11 z důvodu chyby v měření, jak je vidět na Obrázku A.2. Důvodem bylo, že v případě použití této chybné hodnoty by mohly být průměrná data velkým způsobem zkreslena.

### Měděný drát s povrchovou úpravou tloušťky 1 $\mu\text{m}$

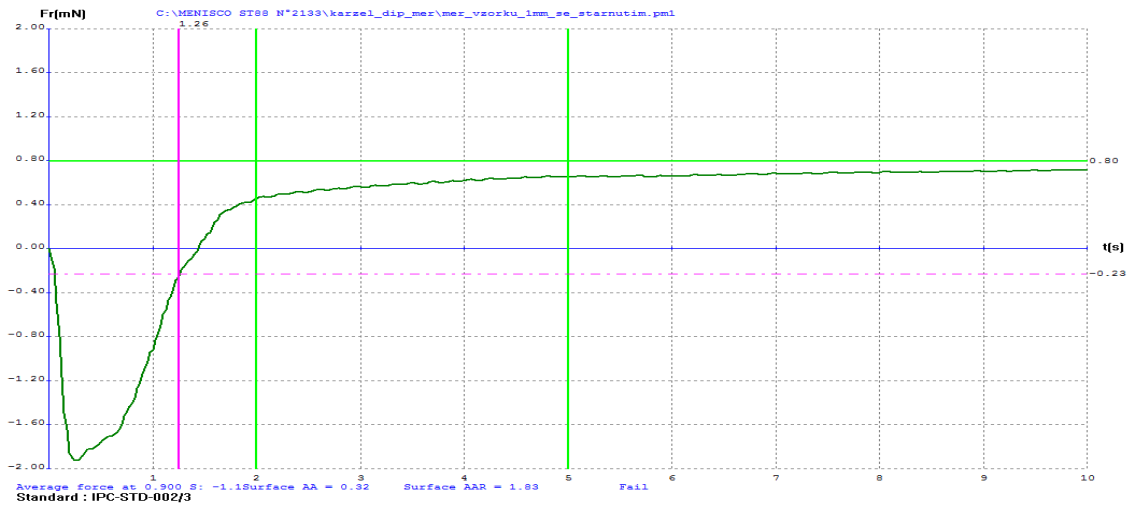
Pro vzorky povrchové úpravy tloušťky 1  $\mu\text{m}$  byly naměřeny průběhy charakteristik zobrazené na Obrázcích A.3 a A.4, zhodnocení výsledků je opět možno provést z námi naměřených průběhů smáčecích charakteristik. Stejně jako u vzorků s povrchovou úpravou 0,7  $\mu\text{m}$  nespĺňoval ani jeden z této sady měřených vzorků parametry pro mezinárodní smáčivostní normu IPC-STD-002/3.

Z celkového hlediska, ale tyto vzorky s hrubší povrchovou úpravou uspěly v testu lépe než vzorky s tenčí povrchovou úpravou. Úspěšnost těchto vzorků byla totiž 12 ze 14 u vzorků, které neprošly procesem stárnutí a 10 ze 14 u vzorků, které prošly procesem stárnutí.



Obr. 4.4: Průměr vzorků 1  $\mu\text{m}$  bez stárnutí

Stejně jako u vzorků 0,7  $\mu\text{m}$  je opět po vykreslení průměrných hodnot charakteristik (Obrázky 4.4 a 4.5), viditelný rozdíl v maximální dosažené smáčecí síle. Smáčecí síla sady vzorků povrchové úpravy 1  $\mu\text{m}$  nedosahuje tak vysokých hodnot u vzorků, které prošly procesem stárnutí, jako u vzorků, které procesem stárnutí neprošly. Tato rozdílnost je velice podobná výsledkům povrchové úpravy tloušťky 0,7  $\mu\text{m}$ .

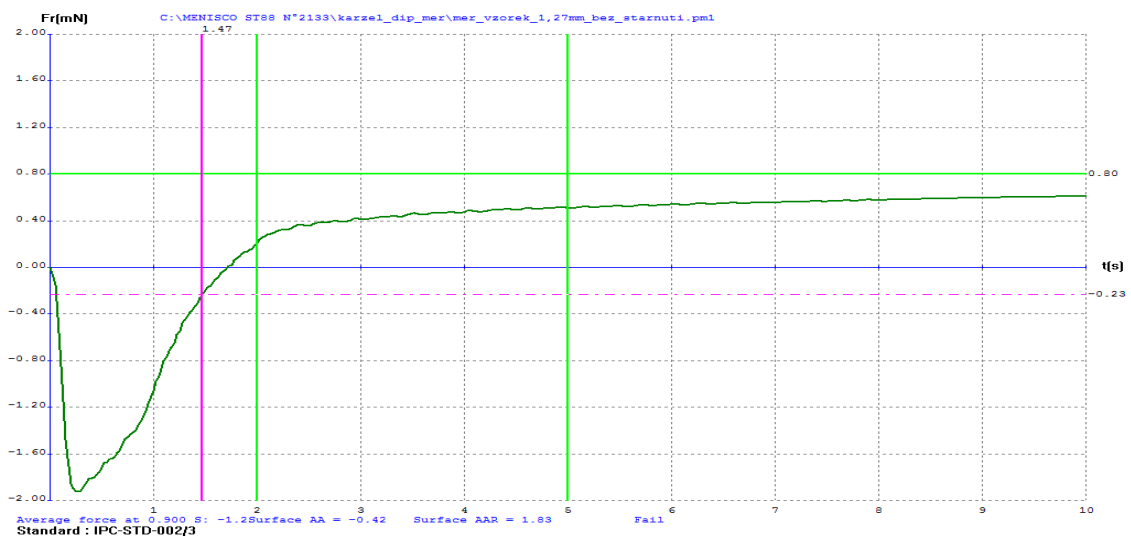


Obr. 4.5: Průměr vzorků 1 μm se stárnutím

### Měděný drát s povrchovou úpravou tloušťky 1,27 μm

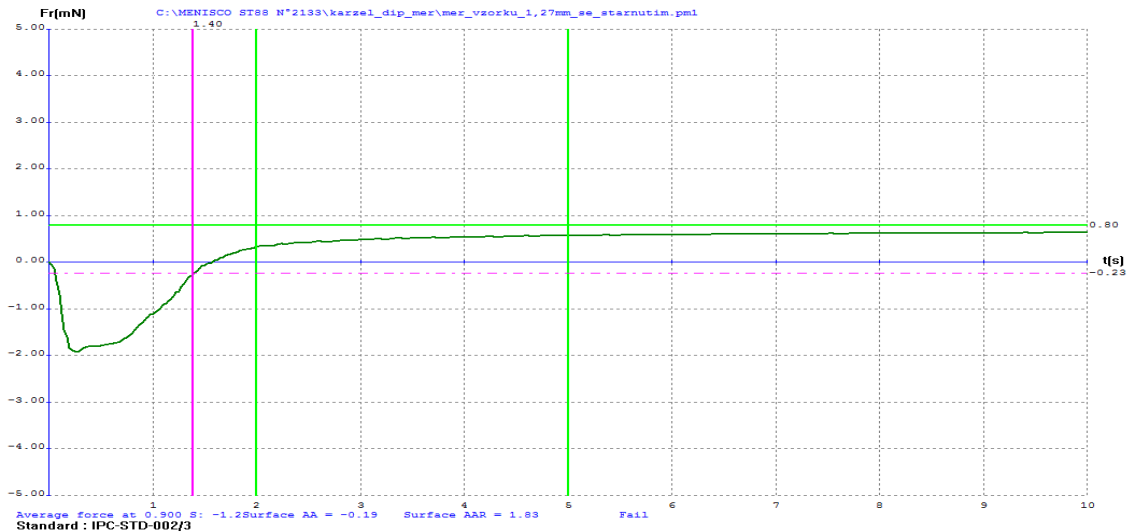
Průběhy charakteristik smáčivosti z měření vzorků tloušťky povrchové úpravy 1,27 μm jsou zobrazeny na Obrázcích A.5 a A.6. Opět bylo z těchto charakteristik a naměřených dat možno určit smáčivosti vzorků.

V testu podle mezinárodní normy IPC-STD-002/3 opět žádný ze vzorků neuspěl. Z hlediska evropských norem nebyla tato sada vzorků také moc úspěšná. V testech byla úspěšnost pouze 7 ze 14 vzorků a to jak u vzorků, které prošly procesem stárnutí tak i u vzorků, které jím neprošly.



Obr. 4.6: Průměr vzorků 1,27 μm bez stárnutím

Na obrázcích 4.6 a 4.7 jsou zobrazeny zprůměrované průběhy naměřených charakteristik. Velkým rozdílem u této sady povrchové úpravy 1,27  $\mu\text{m}$  v porovnání s předchozími sadami bylo to, že v tomto případě byl zprůměrovaný průběh téměř totožný jak pro vzorky, které prošly procesem stárnutí tak i vzorky, které procesem stárnutí neprošly.



Obr. 4.7: Průměr vzorků 1,27  $\mu\text{m}$  se stárnutím

Z celkového hlediska v testech smáčivosti nejlépe obstály vzorky povrchové úpravy 1  $\mu\text{m}$ . Neúspěšnost v mezinárodní normě IPC-STD-002/3 bývá zapříčiněna neschopností vzorků o dosažení požadované smáčecí síly v časech 2 s a 5 s anebo nepřekročení hodnoty korigované nuly v požadovaném čase. Naopak u evropské směrnice jsou vzorky schopny uspět ve větším měřítku obzvláště z důvodu, že není požadována hodnota dosažené síly v časech 2 s a 5 s a požadovaný čas pro překročení korigované nuly má podstatně větší rozsah.

## 4.2 Měření povrchové úpravy imerzním Sn měděného drátu po dvou měsících

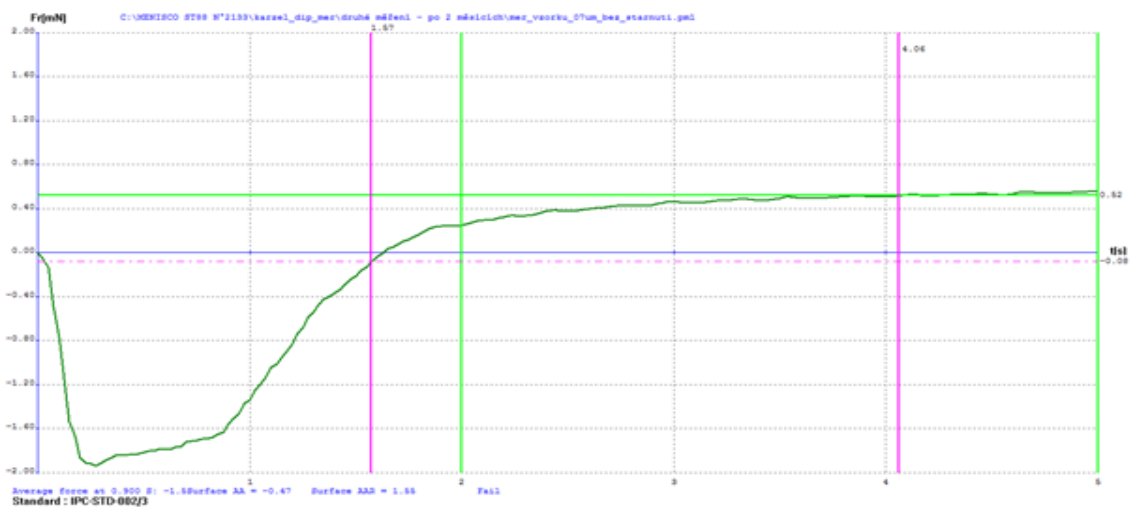
Drát pro toto měření byl po dva měsíce uchován v pokojové teplotě laboratoře. Cílem bylo zjistit jak se na vzorky podepsaly vlivy jako teplota a okolní vzduch společně s dvouměsíčním intervalem od doby posledního měření. V této části se poté budeme opět zabírat tím jak vzorky obstály v rámci evropské a mezinárodní normy zda dosahovaly potřebné smáčivosti.



## Měděný drát s povrchovou úpravou tloušťky 0,7 $\mu\text{m}$

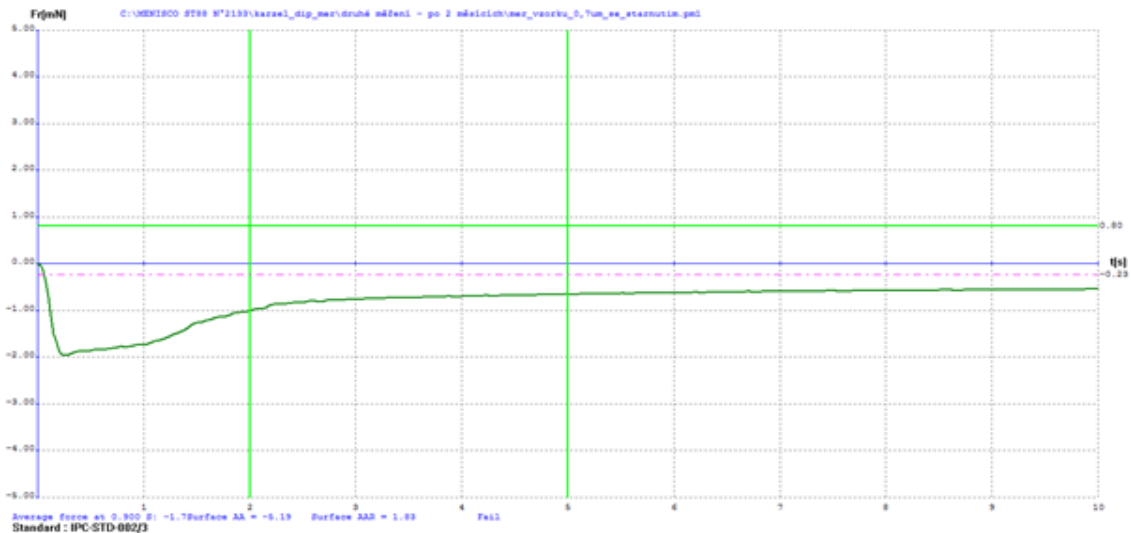
U vzorků povrchové úpravy 0,7  $\mu\text{m}$  splňovalo i po dvou měsících evropskou normu stále 8 ze 14 měřených vzorků. Což bylo pouze o 3 méně než při měření, které proběhlo hned po výrobě. Mezinárodní normu opět nesplňoval ani jeden ze vzorků.

Jak je možno vidět na Obrázku A.8 tak většina vzorků i přes nesplnění normy dosahovala vysoké smáčivosti. V případě vzorku číslo 3 se nejspíše jednalo o chybu měření a proto vzorek následně nebyl použit ani pro vykreslení grafu zprůměrovaných hodnot, který je vidět na Obrázku 4.8.



Obr. 4.8: Průměr vzorků 0,7  $\mu\text{m}$  bez stárnutí po dvou měsících

Druhá polovina vzorků povrchové úpravy 0,7  $\mu\text{m}$  byla poté opět podrobena procesu stárnutí, stejně jako při měření hned po výrobě. Výsledné naměřené hodnoty jsou poté vidět na Obrázku A.8. Už na první pohled je jasně viditelné, že ani jeden ze vzorků nesplňoval jak evropské tak mezinárodní normy a ve většině případů naměřená vztlaková síla převyšovala smáčecí sílu.



Obr. 4.9: Průměr vzorků 0,7  $\mu\text{m}$  se stárnutím po dvou měsících

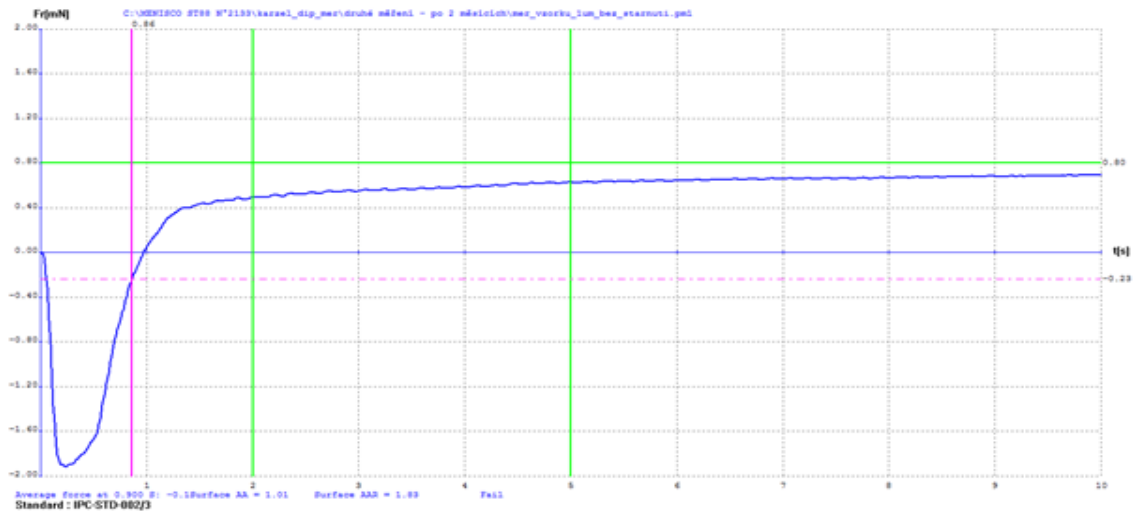
Na Obrázcích 4.8 a 4.9 jsou poté viditelné průměry naměřených dat, na kterých je opět dobře rozpoznatelný rozdíl mezi vzorky, které neprošly procesem stárnutí a vzorky, které jím prošly. Průběhy odpovídají předpokladu, tedy že vzorky, které neprojdou procesem stárnutí dosahují lepší smáčivosti, než ty které jím projdou.

### Měděný drát s povrchovou úpravou tloušťky 1 $\mu\text{m}$

U vzorků povrchové úpravy tloušťky 1  $\mu\text{m}$ , které neprošly procesem stárnutí bylo překvapujícím faktem, že stejně jako hned po původní výrobě si vzorky udržely svou kvalitu.

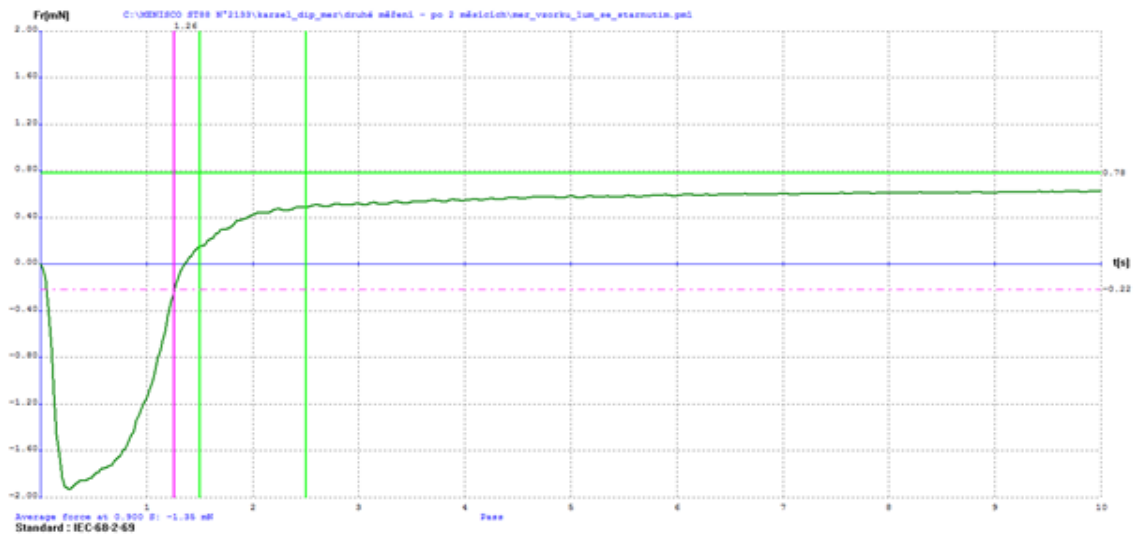
V testu smáčivosti obstály stejně jako hned po výrobě, v mezinárodní normě tedy neuspěl ani jeden ze vzorků, zatímco v evropské normě byla úspěšnost opět 12 ze 14 vzorků (Obrázek A.9). Tento výsledek byl naprosto identický jako výsledek tohoto typu povrchové úpravy, která byla změřena hned po výrobě.

Naopak u vzorků, které procesem stárnutí prošly, bylo viditelné zhoršení smáčivosti. Ze 14 měřených vzorků uspělo v parametrech evropské normy pouze 8 vzorků (Obrázek A.10), což je o dva méně než při měření hned po výrobě. Mezinárodní normou poté neprošel opět ani jeden ze vzorků. Vzorky totiž nedosahovaly potřebného času, ve kterém je nutno dosažení korigované nuly pro splnění této normy.



Obr. 4.10: Průměr vzorků 1  $\mu\text{m}$  bez stárnutí po dvou měsících

Na obrázcích zobrazujících zprůměrované hodnoty smáčivosti 4.10 a 4.11 je poté viditelný rozdíl dosažených smáčivostí. I když nebyl rozdíl nijak razantní tak podle předpokladu obstály v testu lépe vzorky, které neprošly procesem stárnutí. Tyto vzorky totiž dosáhly průměrně vyšší smáčivosti



Obr. 4.11: Průměr vzorků 1  $\mu\text{m}$  se stárnutím po dvou měsících

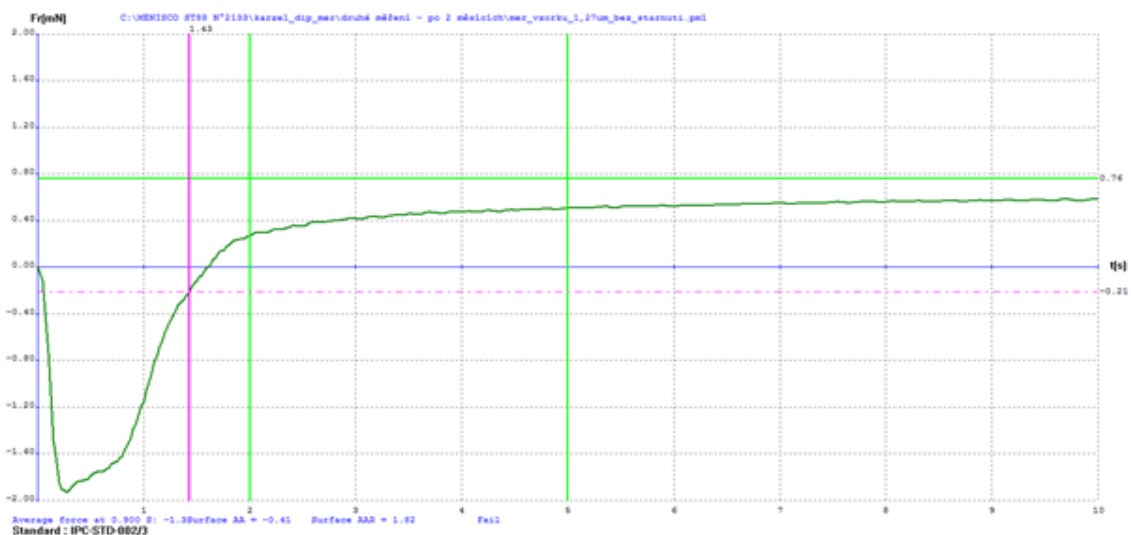
Je vhodné opět na závěr dodat, že do zprůměrovaných hodnot nebyly použity hodnoty naměřených vzorků, které se od ostatních lišily velkým způsobem. Mohlo se totiž jednat o chybu měření, která mohla tyto zprůměrované hodnoty zkreslit.

## Měděný drát s povrchovou úpravou tloušťky 1,27 $\mu\text{m}$

Při zhodnocení výsledků povrchové úpravy imerzním címem tloušťky 1,27  $\mu\text{m}$  měřené po dvou měsících od výroby je opět už na první pohled jasně viditelné zhoršení smáčivostí. Toto ale bylo předpokládáno.

Pokud porovnáme naměřené charakteristiky pro tuto povrchovou úpravu, které byly naměřeny hned po výrobě a poté po dvou měsících od výroby je u vzorků po dvou měsících (Obrázky A.11 a A.12) viditelný větší rozptyl naměřených charakteristik a zároveň je z těchto charakteristik viditelné, že vzorky nedosahují tak vysokých smáčivostí. V případě této povrchové úpravy, u vzorků, které neprošly procesem stárnutí (Obrázek A.11) poté splňovalo evropskou normu 7 vzorků ze 14.

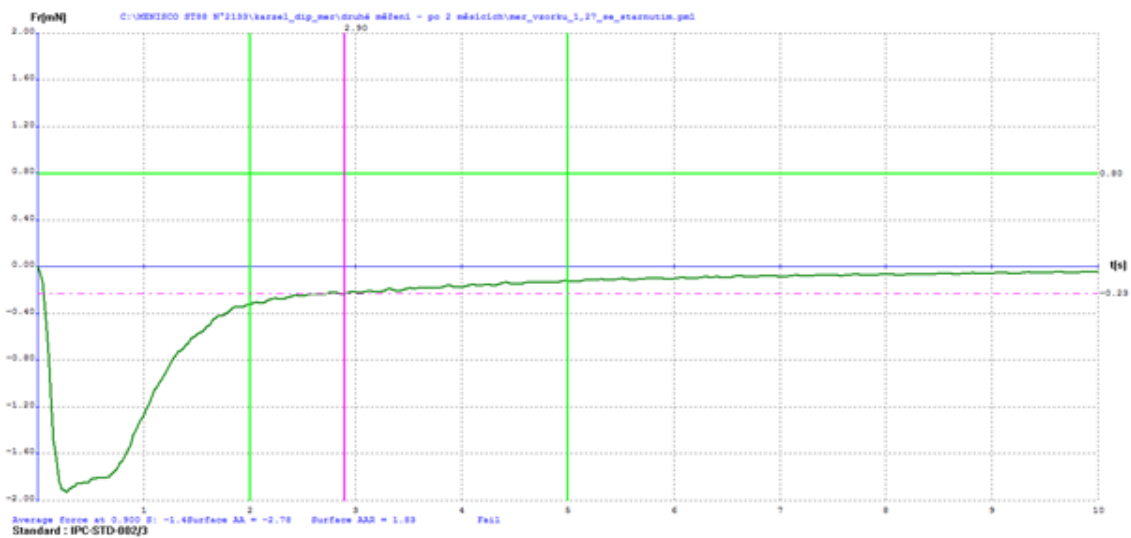
V případě mezinárodní normy opět neuspěl ani jeden z měřených vzorků, to se ale už dalo předpokládat. Předpoklad byl proveden na základě, že žádný ze vzorků neuspěl ani při měření, které proběhlo hned po výrobě.



Obr. 4.12: Průměr vzorků 1,27  $\mu\text{m}$  bez stárnutí po dvou měsících

V případě vzorků, které prošly procesem stárnutí byl rozdíl oproti měření hned po výrobě ještě viditelnější. V tomto měření jsme se potýkali s obrovským rozptylem naměřených hodnot, toto bylo předpokládáme zapříčiněno vlivy, kterým byly vzorky podrobeny. Z hlediska obstání dle norem poté tyto vzorky a jejich charakteristiky zobrazené na Obrázku A.12, jenž prošly procesem stárnutí v evropské normě uspěly pouze v 5 ze 14 případů, to hlavně z důvodu nedosažení dostatečné smáčivosti anebo nedosažení korigované nuly v požadovaném čase. V mezinárodní normě poté opět neuspěl ani jeden ze vzorků.

Na Obrázcích 4.12 a 4.13 je poté možno vidět zprůměrované hodnoty charakteristik. Je jasně viditelný obrovský rozdíl v průměru dosažených smáčivostí mezi vzorky, které neprošly procesem stárnutí a vzorky, které jím prošly. V případě vytváření těchto charakteristik nebyly vynechány žádné z hodnot, jelikož naměřená data byly v tak velkém rozptylu, že nebylo možné odhadnout zda se jedná o chybu v měření anebo správně naměřené hodnoty.



Obr. 4.13: Průměr vzorků 1,27  $\mu\text{m}$  se stárnutím po dvou měsících

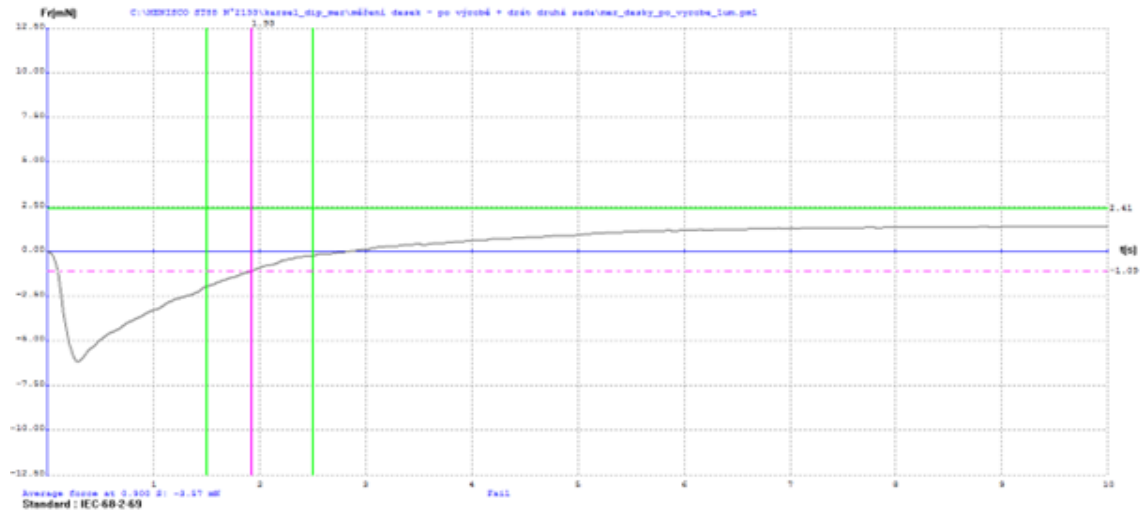
### 4.3 Měření povrchové úpravy imerzním Sn desky plošných spojů krátce po výrobě

Cílem tohoto měření bylo opět změřit smáčivosti desky plošného spoje s povrchovou úpravou imerzním cínem. Tato povrchová úprava byla vyrobena ve dvou různých tloušťkách, konkrétně 1  $\mu\text{m}$  a 1,3  $\mu\text{m}$ . V případě tloušťky 1  $\mu\text{m}$  se jedná o standardizovaně vyráběnou povrchovou úpravu, tím pádem bylo předpokládáno, že v testu smáčivosti obstojí lépe. Kromě měření hned po výrobě byla část vzorků podrobena opět i procesu stárnutí po dobu jedné hodiny a teplotě 145  $^{\circ}\text{C}$ .

#### Deska s povrchovou úpravou tloušťky 1 $\mu\text{m}$

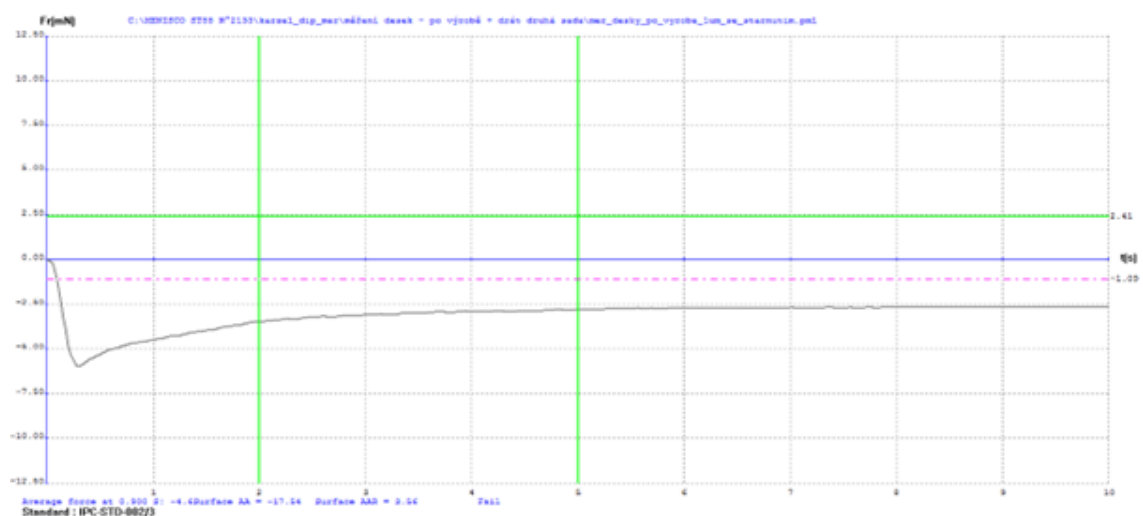
U vzorků, které neprošly procesem stárnutí této tloušťky povrchové úpravy byla úspěšnost v mezinárodní normě nulová. Naopak pak v evropské normě sice obstály pouze 2 vzorky z 10 je ale nutno říci že hlavním faktorem neúspěchu byl čas za jaký musí vzorek dosáhnout smáčivosti. Odchylka od této hodnoty byla naprosto

minimální u většiny vzorků (Obrázek A.13), přesněji ze zbývajících 8 vzorků téměř uspělo dalších 6. Jak lze vidět na Obrázku A.14 tak vzorky, které byly podrobeny procesu stárnutí nebyl schopny dosáhnout smáčivosti. Je poté jasné, že na základě tohoto poté nemohl ani jeden ze vzorků obstát v žádné z norem.



Obr. 4.14: Průměr vzorků desky 1  $\mu\text{m}$  bez stárnutí po výrobě

Po zprůměrování naměřených dat a zobrazení jejich průběhů na Obrázcích 4.14 a 4.15 je ještě lépe viditelný rozdíl v dosažené smáčivosti vzorků, které prošly procesem stárnutí a které jím neprošly. Je nutno ale říci, že toto zhoršení bylo předpokládáno, cílem bylo ale otestovat jak velké zhoršení smáčivosti proces stárnutí zapříčiní.



Obr. 4.15: Průměr vzorků desky 1  $\mu\text{m}$  se stárnutím po výrobě

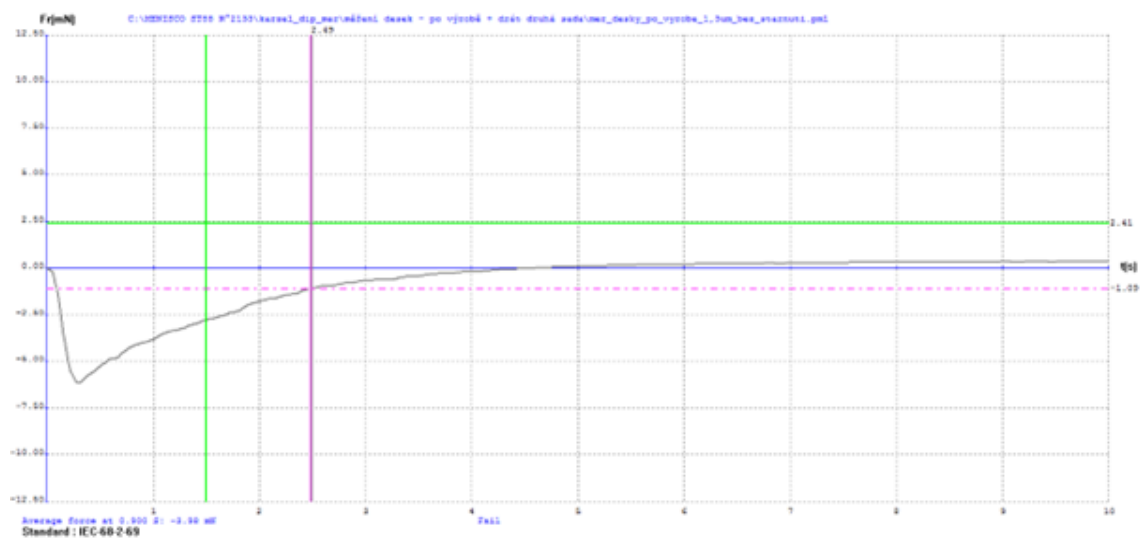
Z celkového hlediska, ale byly předpokládány právě od povrchové úpravy s toustu tloušťkou lepší výsledky. To hlavně z důvodu, že se jedná o nejvíce standardizovaně vyráběnou tloušťku při úpravě imerzním cínem.

### Deska s povrchovou úpravou tloušťky 1,3 $\mu\text{m}$

Druhým druhem vzorků byly vzorky s tloušťkou povrchové úpravy 1,3  $\mu\text{m}$ . jednalo se o speciálně vyrobenou povrchovou úpravu. Byla vyrobena za účelem porovnání výsledků se standardizovaně vyráběnou úpravou a zjištění jak v testech obstojí.

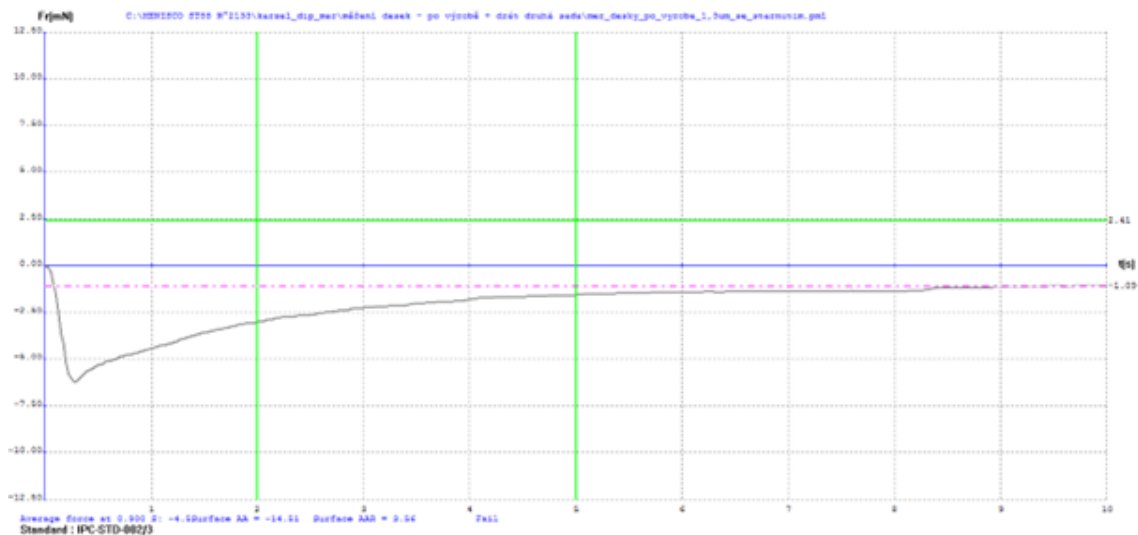
Vzorky povrchové úpravy tloušťky 1,3  $\mu\text{m}$  dosahovaly poměrně dobré smáčivosti. V testech pro obstání v normách ale neuspěl žádný ze vzorků. Jak už bylo zmíněno tak vzorky sice dosahovaly poměrně dobré smáčivosti, ale všechny pohořely v čase, ve kterém je nutno této smáčivosti dosáhnout pro to aby uspěly v normách.

U vzorků, které prošly procesem stárnutí bylo viditelné zhoršení smáčivosti podobně jako u povrchové úpravy tloušťky 1  $\mu\text{m}$ . Z tohoto hlediska je jasné, že v normách neuspěl ani jeden ze vzorků, které prošly procesem stárnutí.



Obr. 4.16: Průměr vzorků desky 1,3  $\mu\text{m}$  bez stárnutí po výrobě

Při vytváření průběhů ze průměrovaných hodnot (Obrázky 4.16 a 4.17) byl vynechán vzorek číslo 4, jednalo se totiž o chybu měření. Na průbězích průměrných hodnot je poté opět dobře viditelný rozdíl v dosažených smáčivostech mezi vzorky, které prošly procesem stárnutí a které jím neprošly.



Obr. 4.17: Průměr vzorků desky 1,3  $\mu\text{m}$  se stárnutím po výrobě

Přesto že vzorky neuspěly v ani jedné z norem tak tato povrchová úprava imerzním cínem, tloušťky 1,3  $\mu\text{m}$  obstála v testech smáčivosti poměrně dobře. Samozřejmě bereme v potaz, že se nejedná o standardizovaně vyráběnou tloušťku.

## 4.4 Měření povrchové úpravy imerzním Sn desky plošných spojů po dvou měsících

V tomto měření byly měřeny vzorky povrchové úpravy imerzním cínem, opět pro tloušťky 1  $\mu\text{m}$  a 1,3  $\mu\text{m}$ . Naší snahou bylo zjistit jaký vliv měly na povrchovou úpravu podmínky vystavení laboratornímu prostředí po dobu dvou měsíců. Po celou dobu byly vzorky uchovávány při normální pokojové teplotě. Část vzorků byla poté ještě před měřením opět podrobena procesu stárnutí, stejně jako v případech ostatních měření.

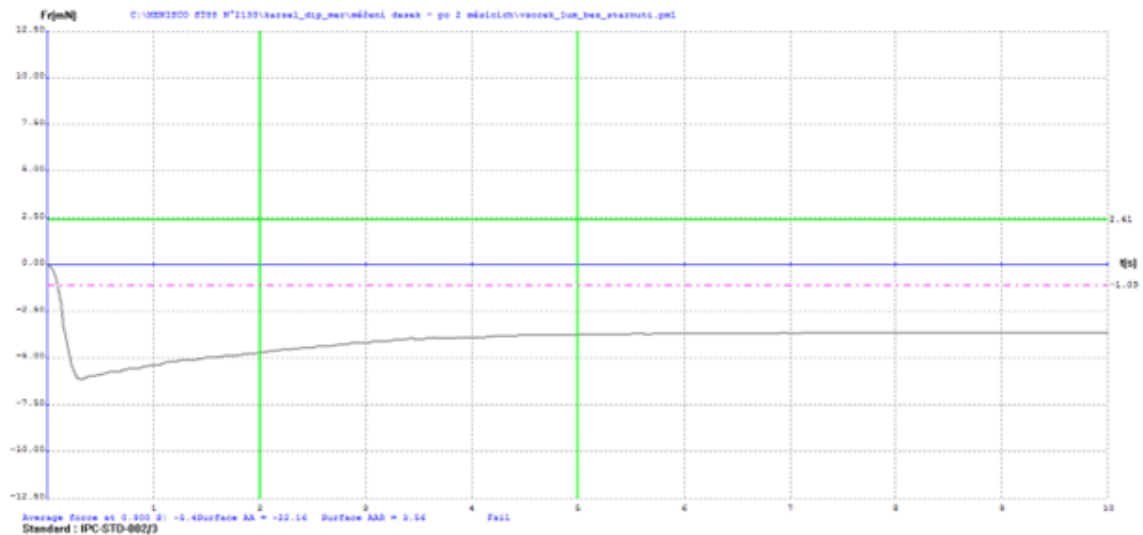
### Deska s povrchovou úpravou tloušťky 1 $\mu\text{m}$

Jak lze vidět z průběhů na Obrázku A.17 tak i vzorků, které byly vystaveny pouze vlivu prostředí po dobu dvou měsíců se razantně zhoršila smáčivost. Rozdíl je vidět hlavně oproti vzorkům měřených hned po výrobě zobrazených v kapitole 4.3.

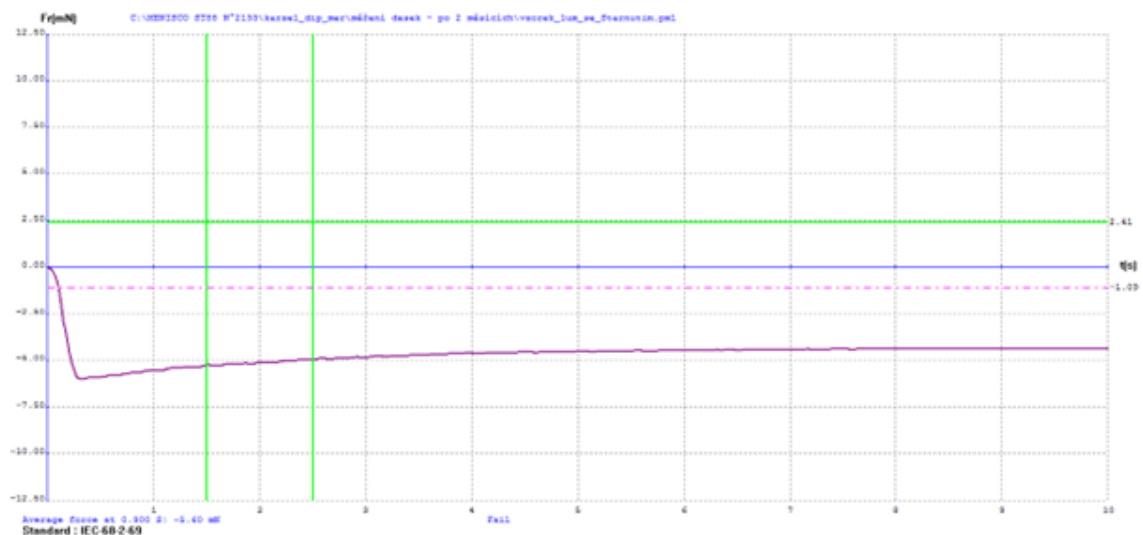
U vzorků, které neprošly procesem stárnutí tak i u vzorků, které jím prošly docházelo k takzvanému nesmáčení. Tento výsledek se dal ale předpokládat jelikož vystavení vlivům prostředí a hlavně oxidace může razantně zhoršit smáčivosti desek plošných spojů. Na Obrázku A.17 dosahuje sice jeden z průběhů vyšší smáčivosti, avšak jedná



se o chybu měření. Vzorky, které prošly procesem stárnutí (Obrázek A.18) poté všechny dosahují nulové nebo minimální smáčivosti a opět převažuje nesmáčení. Z tohoto je jasné, že jak u vzorků, které neprošly procesem stárnutí tak i u vzorků, které jím prošly neuspěl žádný ani v jedné normě.



Obr. 4.18: Průměr vzorků desky 1  $\mu\text{m}$  bez stárnutí po dvou měsících



Obr. 4.19: Průměr vzorků desky 1  $\mu\text{m}$  se stárnutím po dvou měsících

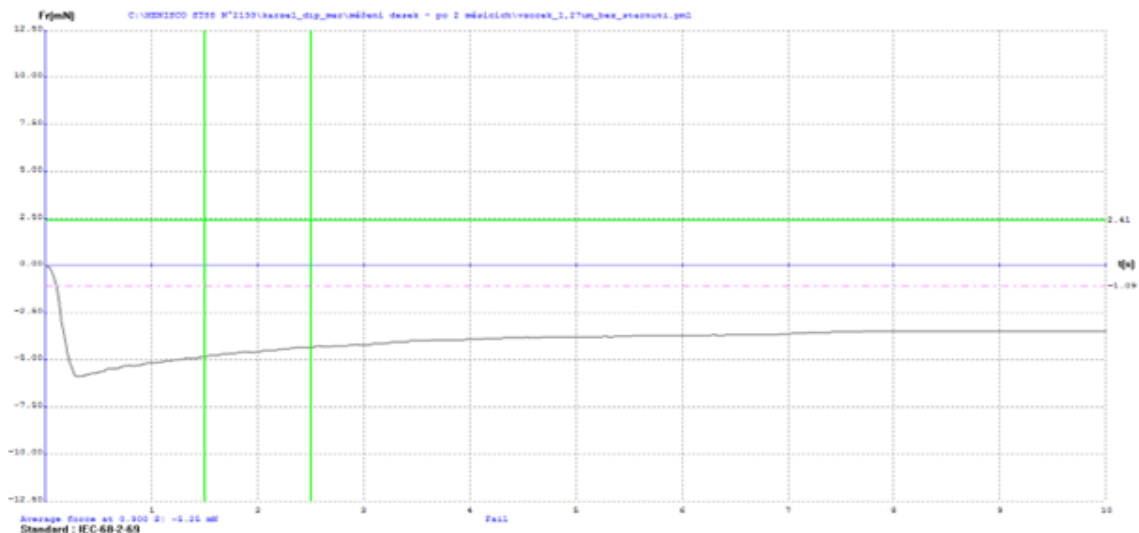
Pokud porovnáme zprůměrované průběhy naměřených charakteristik viditelné na Obrázcích 4.18 a 4.19, lze vidět, že vzorky, které byly kromě vlivům prostředí po dobu dvou měsíců vystaveny i procesu stárnutí po dobu jedné hodiny a 145 °C

dosahovaly ještě horší smáčivosti než vzorky, které byly vystaveny pouze vlivům prostředí. Zároveň je dobře viditelné jak špatné smáčivosti nebo až nesmáčení dosahovaly v průměru měřené vzorky.

### Deska s povrchovou úpravou tloušťky 1,3 $\mu\text{m}$

Stejně jako u vzorků s povrchovou úpravou tloušťky 1  $\mu\text{m}$  tak i u vzorků s povrchovou úpravou tloušťky 1,3  $\mu\text{m}$  žádný ze vzorků, které byly pouze vystaveny okolnímu prostředí po dobu dvou měsíců nedosahoval dobré smáčivosti.

Jak lze vidět na Obrázku A.19 většina vzorků dosahovala nesmáčení a v pár případech vzorky dosáhly minimální smáčivosti. Opět se během měření vyskytla jedna chyba, konkrétně se jedná o průběh číslo 6. Tento měřený průběh nebyl použit pro vypracování průběhů ze zprůměrovaných dat.

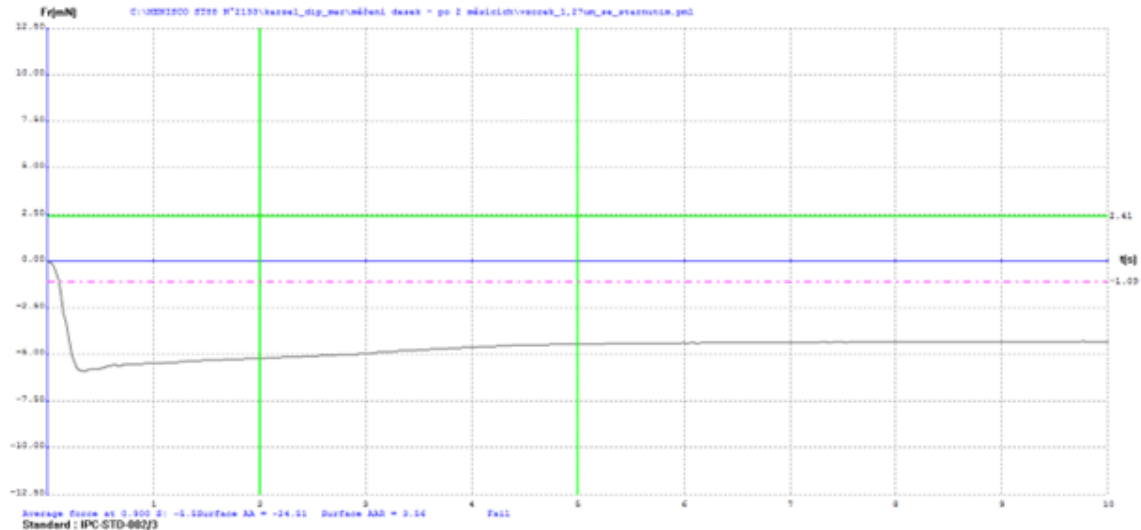


Obr. 4.20: Průměr vzorků desky 1,3  $\mu\text{m}$  bez stárnutí po dvou měsících

Podobně jako u měření tenčí tloušťky povrchové úpravy tak i v tomto případě měl proces stárnutí vliv na smáčivost vzorků, které už tak dosahovaly minimální smáčivosti. Z hlediska norem je poté jasné, že normu nesplňoval ani jeden z měřených vzorků, jak u vzorků, které procesem stárnutí neprošly, tak vzorků, které jím prošly.

Ze zprůměrovaných hodnot na Obrázcích 4.20 a 4.21 je poté opět dobře viditelný rozdíl, které zapříčinil proces stárnutí. Pokud poté porovnáme tyto naměřená data zpětně s měřením stejných povrchových úprav hned po výrobě (Kapitola 4.3) jsou rozdíly ve smáčivostech na první pohled rozeznatelné. Hlavně bylo zajímavé sledovat o kolik větší vliv na smáčivost mělo vystavení vzorků pokojovým podmínkám po

dobu dvou měsíců než samotný proces stárnutí, kterému byly vzorky podrobovány. Vzorky, které byly měřeny hned po výrobě a prošly procesem stárnutí, dosahovaly vyšší smáčivosti, než vzorky, které byly měřeny po dvou měsících a procesem stárnutí neprošly.



Obr. 4.21: Průměr vzorků desky 1,3  $\mu\text{m}$  se stárnutím po dvou měsících

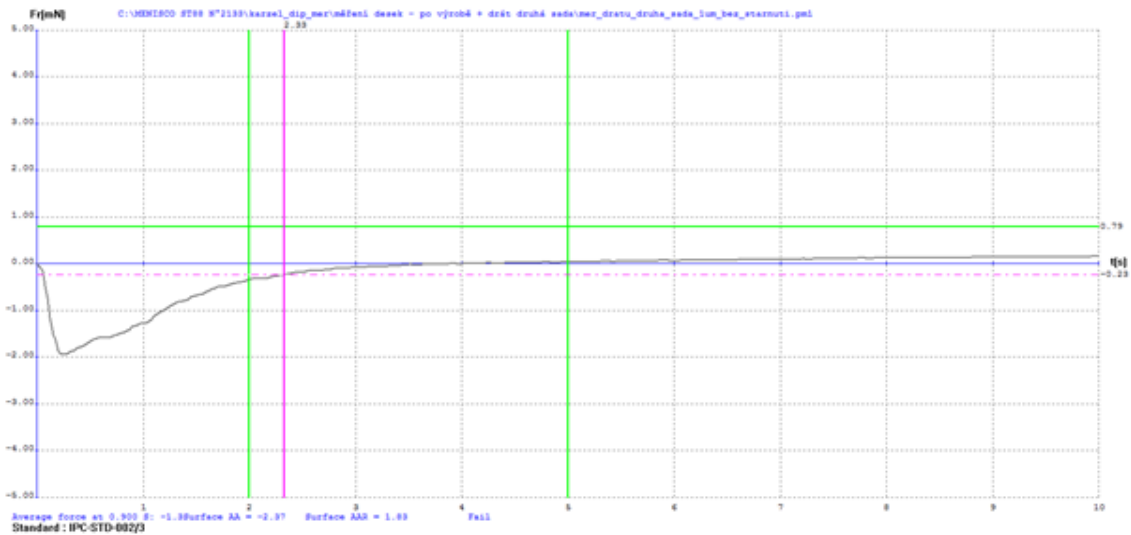
## 4.5 Druhé měření povrchové úpravy imerzním Sn měděného drátu krátce po výrobě

Během výroby desek plošných spojů s povrchovou úpravou imerzním cínem, jsme si nechali vyrobit i další sadu měděného drátu s podobnými povrchovými úpravami jako v prvním měření drátu. Pro naše potřeby byl tedy cínem povrchově upraven drát a to tedy na tloušťky 1  $\mu\text{m}$  a 1,3  $\mu\text{m}$ . Naměřená data pro tyto povrchové úpravy byly poté opět porovnány mezi vzorky, které prošly a neprošly procesem stárnutí, zhodnoceny evropskými a mezinárodními normami a zpětně porovnány se vzorky podobných povrchových úprav z prvního měření.

### Měděný drát s povrchovou úpravou imerzním cínem tloušťky 1 $\mu\text{m}$

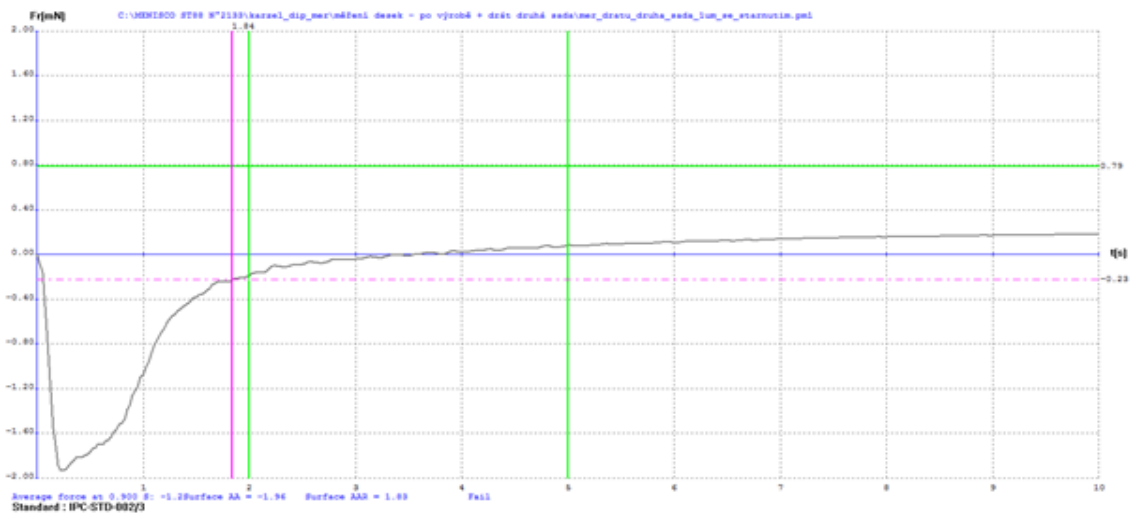
V případě těchto vzorků je na Obrázku A.21 viditelné, že naměřená data nebyla v tak velkém rozptylu jako v případě měření první sady vzorků podobné povrchové úpravy. Zajímavým faktorem, ale bylo že v případě této sady uspěly v evropské normě pouze 3 vzorky z 10. U vzorků, které neuspěly byla ale odchylka pro splnění parametrů normy minimální. V mezinárodní normě opět neuspěl ani jeden z měřených vzorků.

Vzorky, které prošly procesem stárnutí (Obrázek A.22) se poté opět pohybovaly ve velkém rozptylu naměřených hodnot. Z hlediska splňování norem poté uspěly 2 z 10 měřených vzorků v normě evropský a ani jeden v normě mezinárodní.



Obr. 4.22: Průměr vzorků 1  $\mu\text{m}$  bez stárnutí druhého měření po výrobě

Z křivek zprůměrovaných hodnot na Obrázcích 4.22 a 4.23 je pak dobře viditelné, že vzorky nedosahovaly požadovaných smáčecích hodnot (vztlaková síla převyšovala smáčecí sílu). Proces stárnutí měl poté vliv hlavně na zvětšení rozptylu měřených hodnot.



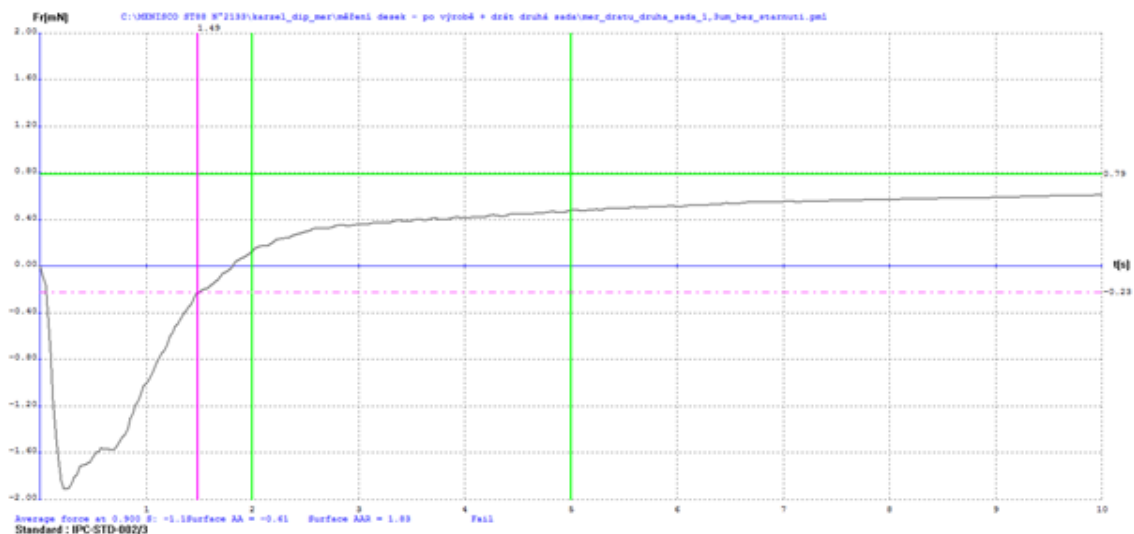
Obr. 4.23: Průměr vzorků 1  $\mu\text{m}$  se stárnutím druhého měření po výrobě

Z celkového hlediska se dá konstatovat, že tato druhá sada dopadla podstatně hůře než dříve měřená sada vzorků podobných povrchových úprav. Dá se pouze spekulovat co tento rozdíl mohlo zapříčinit, mohlo se jednat například o chybnou manipulaci během procesu výroby nebo měření. Dále je možné, že rozdíl je zapříčiněn rozdílem v tloušťce povrchové úpravy, ten byl ale pouze  $0,03 \mu\text{m}$ , takže to je nepravděpodobné.

### Měděný drát s povrchovou úpravou imerzním cínem tloušťky $1,3 \mu\text{m}$

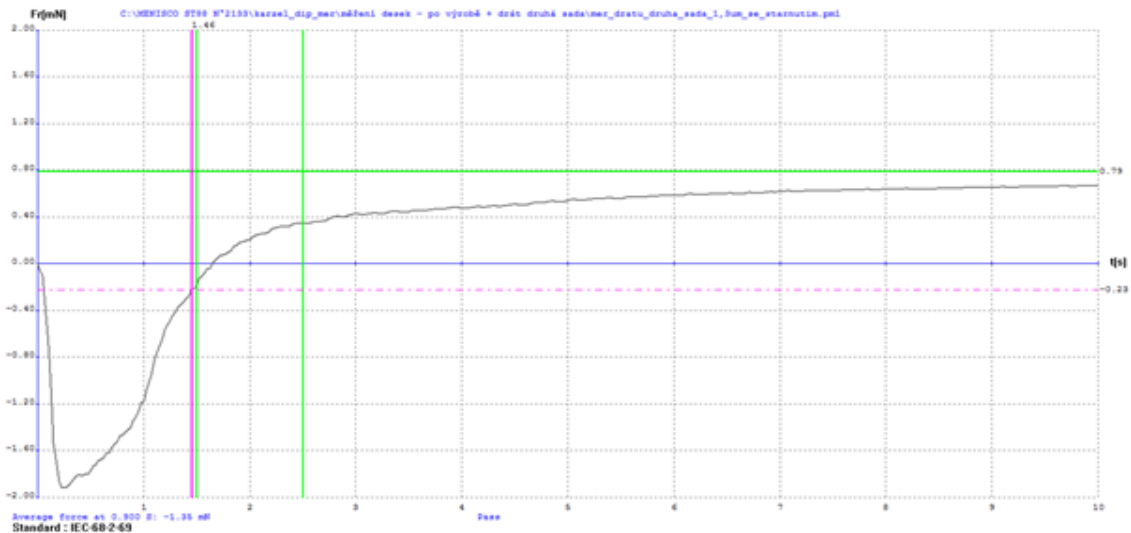
V případě povrchové úpravy  $1,3 \mu\text{m}$  splňovaly parametry evropské normy pouze 4 vzorky z 10, které neprošly procesem stárnutí. Z celkového hlediska tyto vzorky nedosahovaly vysokých smáčecích hodnot jak je možno vidět na Obrázku A.23. V mezinárodní normě neuspěl ani jeden ze vzorků.

Vzorky, které procesem stárnutí prošly, uspěly v normách naprosto identicky jako vzorky, které jím neprošly. Úspěšnost byla opět 4 z 10 u evropské normy a ani jeden u mezinárodní. Jak u vzorků se stárnutím tak i bez stárnutí, nebyly pro normy splněny parametry hlavně času za jaký musí být dosažena korigovaná nula. U mezinárodní normy poté některé vzorky neuspěly i v dosažení potřebné síly v čase 2 s a 5 s.



Obr. 4.24: Průměr vzorků  $1,3 \mu\text{m}$  bez stárnutí druhého měření po výrobě

Na Obrácích 4.24 a 4.25 je poté ze zprůměrovaných hodnot opět možno vidět průběhy naměřených dat. Z grafů se dá vyčíst, že vzorky nedosahovaly potřebné smáčivosti. Celkově v testu obstály skoro naprosto identicky jak vzorky, které prošly procesem stárnutí tak i vzorky, které jím neprošly.



Obr. 4.25: Průměr vzorků 1,3  $\mu\text{m}$  se stárnutím druhého měření po výrobě

Při porovnání tohoto měření a úspěšnosti jednotlivých vzorků s měřením provedeným pro první sadu vzorků s podobnou povrchovou úpravou je viditelná podobnost. U obou sad totiž neměl proces stárnutí velký vliv na úspěšnost měřených vzorků a i procentuální část úspěšných vzorků se pohybuje na stejných hodnotách.

## 4.6 Měření povrchové úpravy imerzním Ag měděného drátu krátce po výrobě

V tomto měření bylo cílem zjistit jak ve zkouškách smáčivosti obstojí povrchová úprava imerzním stříbrem. Vzorky byly měřeny hned po výrobě. Cílem bylo také zjistit jaký vliv bude mít proces stárnutí, se stejnými parametry jako u imerzního cínu, vliv právě na imerzní stříbro.

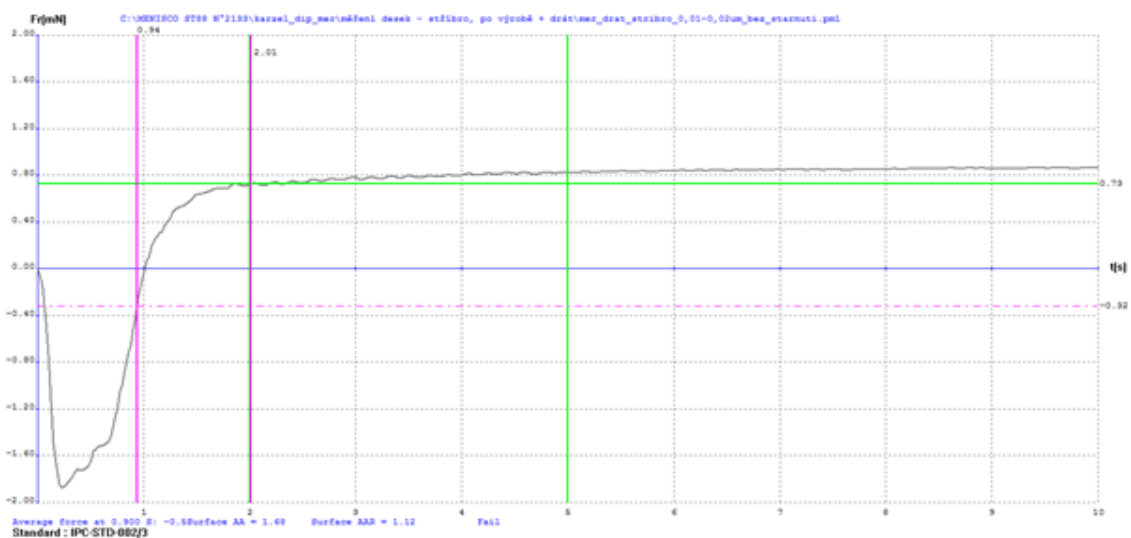


Obr. 4.26: Drát s povrchovou úpravou imerzním stříbrem

## Drát s povrchovou úpravou tloušťky 0,1 - 0,2 $\mu\text{m}$

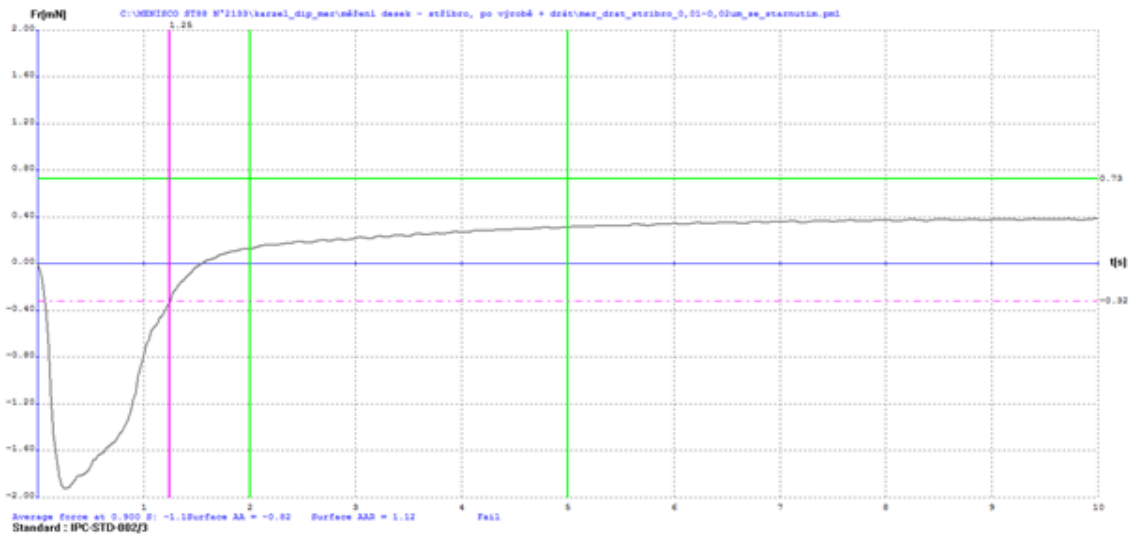
Během výroby byl drát podroben procesu nanášení povrchové úpravy po dobu 1 minuty, což odpovídá tloušťce povrchové úpravy 0,1 - 0,2  $\mu\text{m}$ . Drát s touto povrchovou úpravou obstál ve zkoušce smáčivosti velice dobře. Jak je možné vidět na Obrázku A.25 tak evropskou normu splňují všechny měřené vzorky. Všechny vzorky také dosahují velice dobré smáčivosti. V normě mezinárodní, ale i přes dobrou smáčivost neuspěl ani jeden ze vzorků. Klíčovým parametrem neúspěchu byl poté opět čas dosažení korigované nuly, kde vzorky byly sice velice blízko ale i přesto neuspěly.

Zajímavé bylo sledovat jaký vliv měl proces stárnutí na tuto povrchovou úpravu. Zatímco u vzorků, které procesem stárnutí neprošly bylo dosahováno konstantních, vysokých hodnot smáčivosti. U vzorků, které byly procesu stárnutí podrobeny tomu už tak není. Některé vzorky si uchovaly dobrou smáčivost i přes proces stárnutí, ale u velké části vzorků se smáčivosti razantně zhoršily (Obrázek A.26). V evropské normě poté uspěla pouhá polovina měřených vzorků, které byly podrobeny procesu stárnutí, tedy 5 z 10 a v mezinárodní normě neuspěl ani jeden ze vzorků.



Obr. 4.27: Průměr vzorků 0,1 - 0,2  $\mu\text{m}$  imerzního stříbra bez stárnutí

Na Obrázcích 4.27 a 4.28, kde jsou zobrazeny zprůměrované hodnoty naměřených dat, je poté dobře viditelný rozdíl v maximálních dosažených smáčivostech. Dá se poté dobře vyvodit jak velký vliv měl proces stárnutí na tuto povrchovou úpravu.



Obr. 4.28: Průměr vzorků 0,1 - 0,2  $\mu\text{m}$  imerzního stříbra se stárnutím

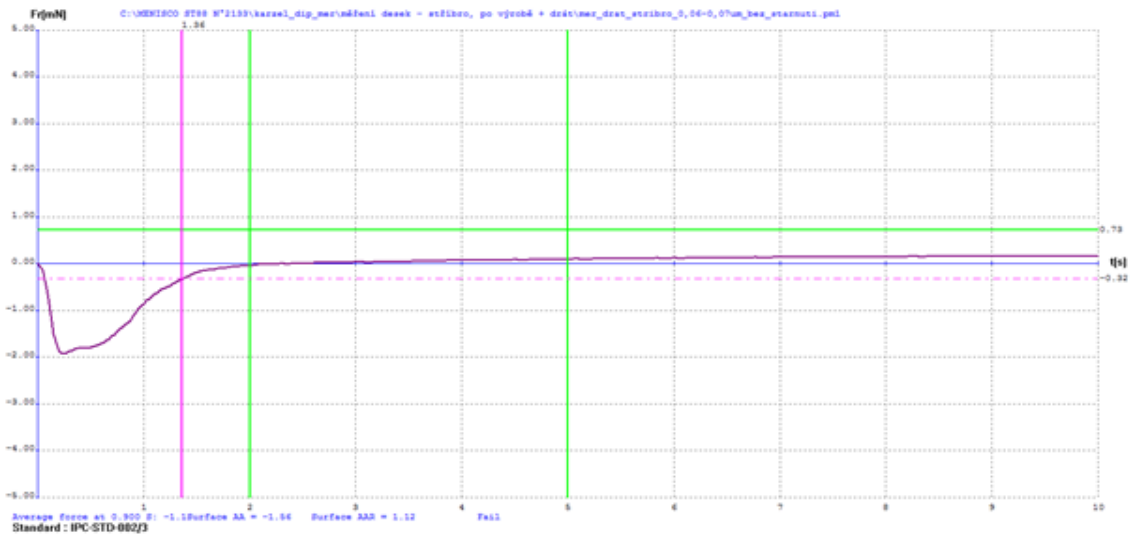
### Drát s povrchovou úpravou tloušťky 0,6 - 0,7 $\mu\text{m}$

Druhá měřená povrchová úprava imerzním címem byla tloušťky 0,6 - 0,7  $\mu\text{m}$ . Při výrobě byl drát podroben procesu nanesení povrchové úpravy po dobu 2 minut, což odpovídá této tloušťce. Naší snahou bylo opět zjistit jaký vliv bude mít na vzorky proces stárnutí a jak vzorky v měření obstojí v porovnání s předchozí povrchovou úpravou.

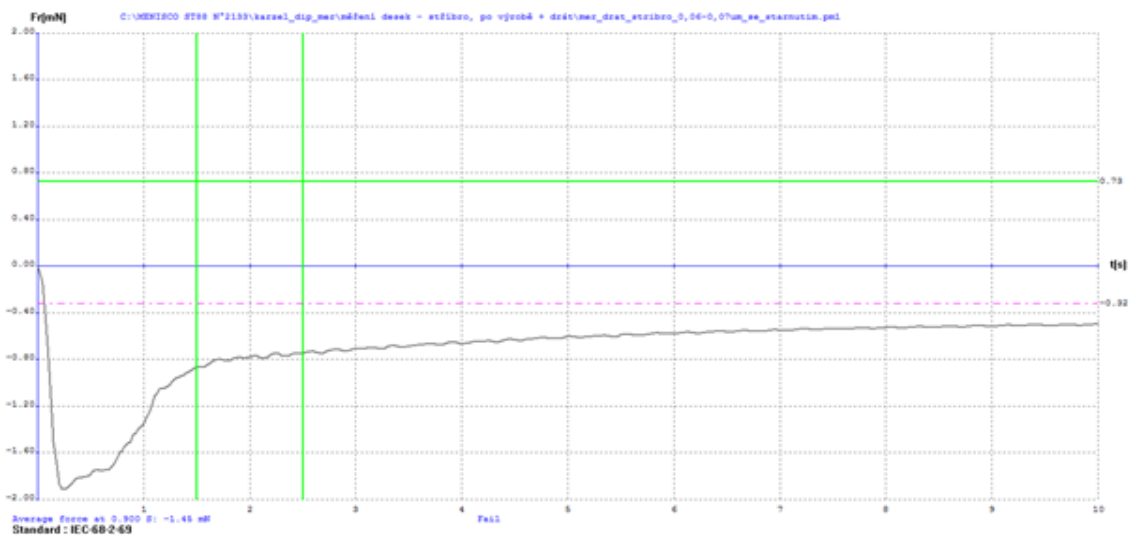
Jak lze vidět na Obrázku A.27, vzorky této povrchové úpravy obstály v testu smáčivosti hůře než vzorky tenčí povrchové úpravy. V parametrech evropské normy uspělo pouze 7 z 10 vzorků, které neprošly procesem stárnutí. Mezinárodní normou poté neprošel ani jeden ze vzorků.

Vzorky, které prošly procesem stárnutí (Obrázek A.28) byly tímto procesem také dost ovlivněny. Přijatelných smáčivostí nedosáhl ani jeden vzorek, tedy žádný ze vzorků neuspěl ani v jedné z norem. Na grafech vykreslujících zprůměrované hodnoty naměřených dat, je dobře viditelné jak nízkých smáčivostí vzorky této sady dosahovaly. Obzvláště poté jak velký vliv na ně měl proces stárnutí.





Obr. 4.29: Průměr vzorků 0,6 - 0,7 μm imerzního stříbra bez stárnutí



Obr. 4.30: Průměr vzorků 0,6 - 0,7 μm imerzního stříbra se stárnutím

Pro zhodnocení měření povrchové úpravy imerzním stříbrem měděného drátu se dá s přehledem konstatovat, že lépe obstála povrchová úprava tloušťky 0,1 - 0,2 μm. Povrchová úprava této tloušťky obstála lépe jak v samotném měření hned po výrobě tak i v měření po podrobení procesu stárnutí. Z celkového hlediska, ale povrchová úprava imerzním stříbrem u standardizované tloušťky 0,6 μm - 0,7 μm obstála velice dobře, to se ale dalo předpokládat na základě, že se jedná o jednu z nejčastěji používaných povrchových úprav.

## 4.7 Měření povrchové úpravy imerzním Ag desky plošných spojů krátce po výrobě

Pro následující měření byly desky povrchově upraveny imerzním cínem. Výsledná povrchová úprava vypadala jak je zobrazeno na Obrázku 4.31. Desky byly opět předfrézovány, aby je bylo jednodušší rozdělit na jednotlivé vzorky, které byly následně měřeny.



Obr. 4.31: Deska s povrchovou úpravou imerzním stříbrem

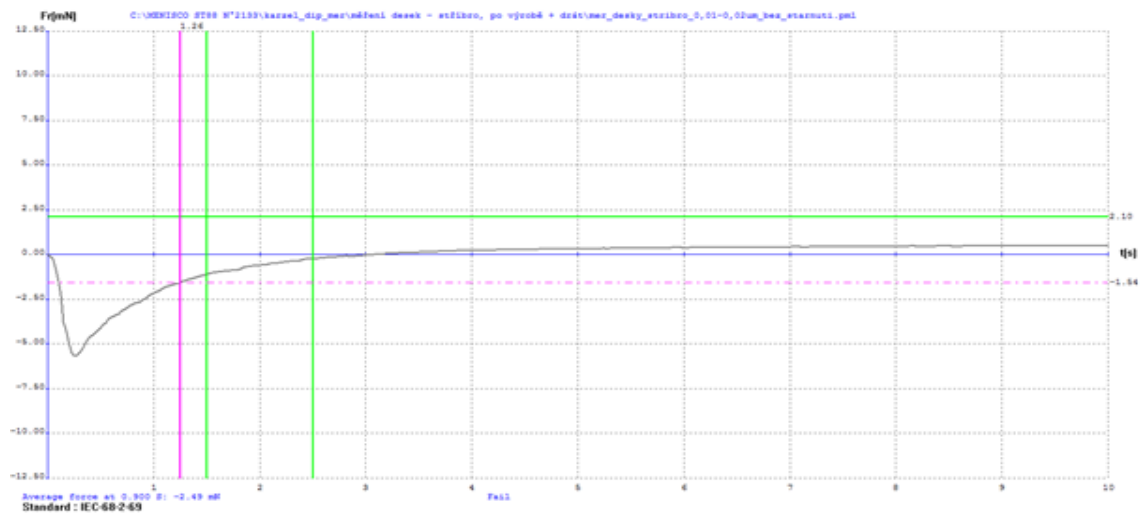
Desky byly vyrobeny ve dvou tloušťkách povrchových úprav, stejně jako drát se stejnou povrchovou úpravou. Část vzorků byla opět vystavena procesu stárnutí abychom byli schopni zjistit jaký vliv bude mít tento proces na smáčivost desek.

### **Deska s povrchovou úpravou tloušťky 0,1 - 0,2 $\mu\text{m}$**

U vzorků desky této povrchové úpravy byly naměřeny velice dobré smáčivosti. Přesto, že v případě tloušťky 0,1 - 0,2  $\mu\text{m}$  se nejedná o standardizovaně vyráběnou tloušťku povrchové úpravy, tak vzorky obstály velice dobře i z hlediska norem.

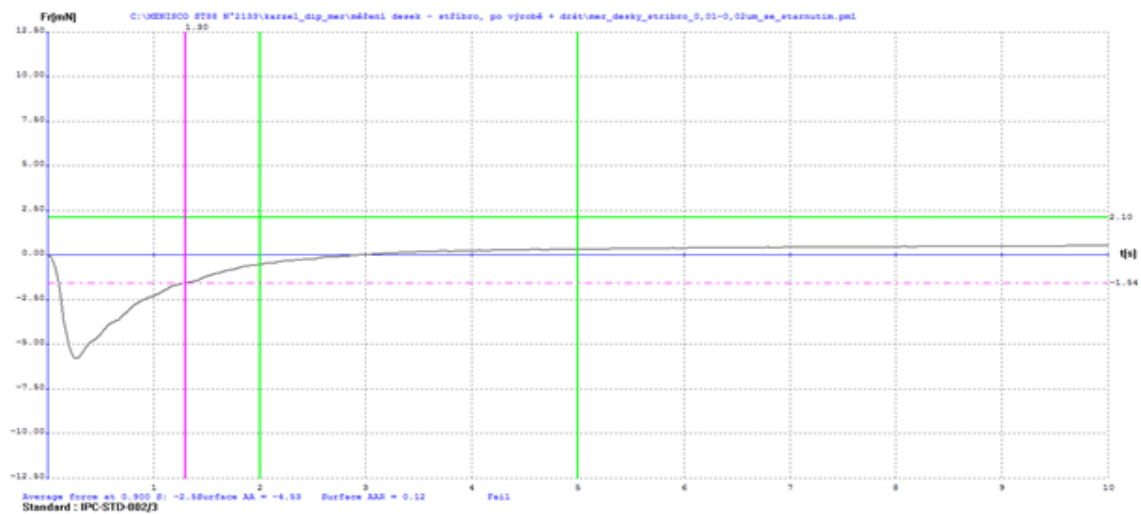
V evropské normě uspělo 7 z 10 měřených vzorků, které neprošly procesem stárnutí. U zbývajících 3 vzorků, které neuspěly, se ale dle naměřených dat a průběhů viditelných na Obrázku A.29 dá říci, že odchylka od normy naprosto byla naprosto minimální. V případě mezinárodní normy neuspěl ani jeden z měřených vzorků.

Vzorky, které prošly procesem stárnutí poté sice stále dosahovaly vysokých hodnot smáčivosti (Obrázek A.30), ale jejich odchylka od parametrů evropské normy se značně zvýšila. V normě poté uspěl pouze 1 z 10 měřených vzorků, v mezinárodní normě neuspěl ani jeden.



Obr. 4.32: Průměr vzorků 0,1 - 0,2  $\mu\text{m}$  imerzního stříbra bez stárnutí

Přesto, že rozdíl úspěšnosti ve splnění norem je na první pohled obrovský. Z naměřených dat a průběhů zprůměrovaných hodnot (Obrázky 4.32 a 4.33) lze říci, že proces stárnutí měl na smáčivost povrchové úpravy jistý vliv ale změny smáčivosti nebyly nikterak velké.

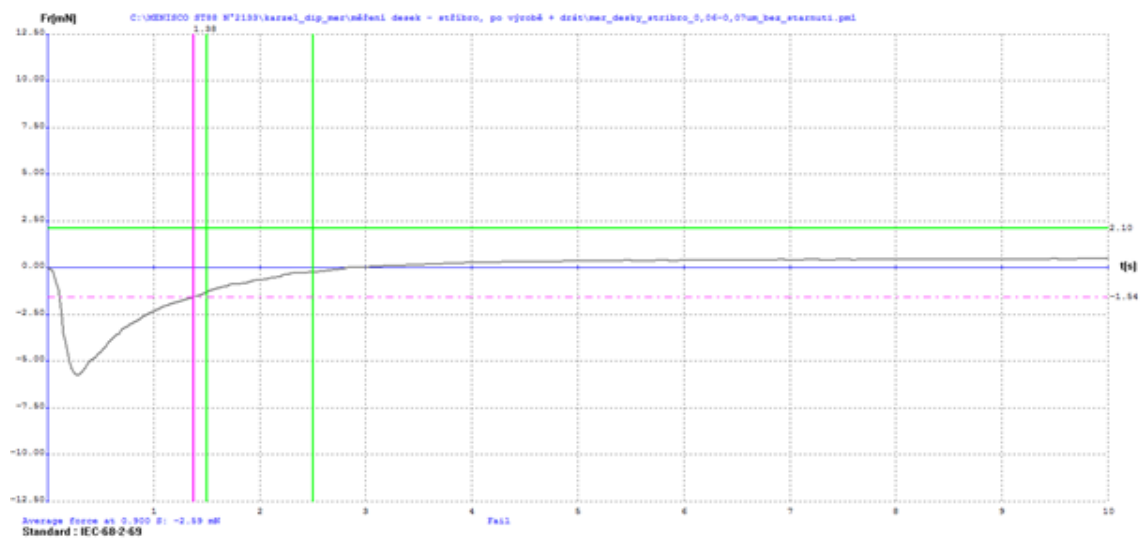


Obr. 4.33: Průměr vzorků 0,1 - 0,2  $\mu\text{m}$  imerzního stříbra se stárnutím

### Deska s povrchovou úpravou tloušťky 0,6 - 0,7 $\mu\text{m}$

V případě povrchové úpravy imerzním stříbrem tloušťky 0,6 - 0,7  $\mu\text{m}$  byly předpokládány velice dobré výsledky smáčivosti. To se odvíjí od faktu, že se jedná o výrobcem standardizovanou tloušťku této povrchové úpravy. Bylo tedy velice překvapujícím

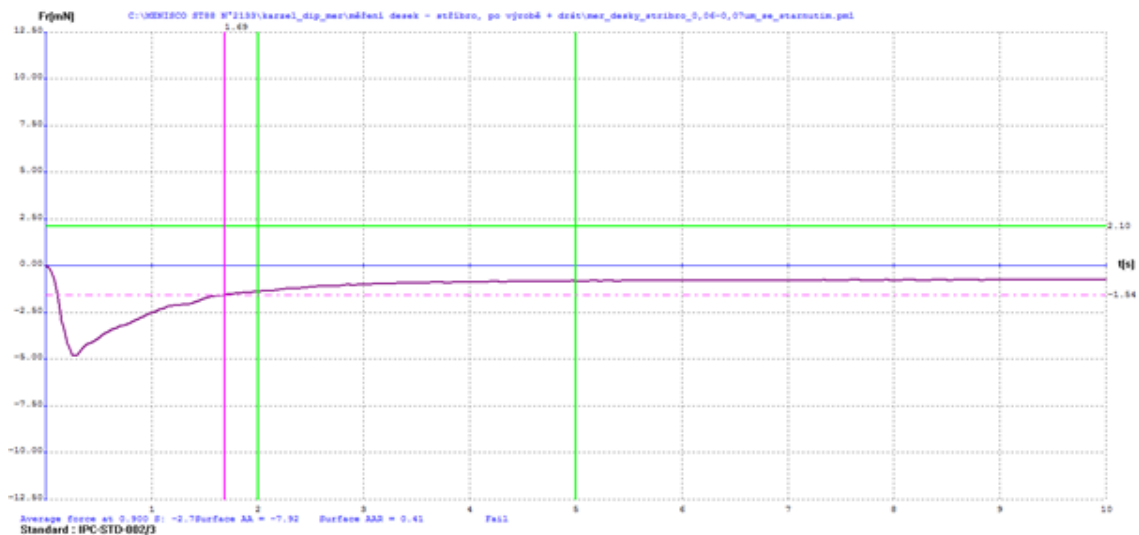
faktem, to že vzorky této tloušťky obstály v testech stejně jako vzorky tenčí povrchové úpravy. V mezinárodní normě neuspěl ani jeden z měřených vzorků, které neprošly procesem stárnutí a v evropské normě opět uspělo pouze 7 z 10 měřených vzorků. Zajímavé bylo sledovat vliv procesu stárnutí na měřené vzorky. Kde v případě vzorků, které procesem stárnutí neprošly (Obrázek A.31) lze vidět dosažení podobné smáčivosti u všech měřených vzorků. U vzorků, které poté procesem stárnutí prošly (Obrázek A.32) lze vidět zhoršení smáčivosti a rozdíly mezi jednotlivými vzorky. Z měřených vzorků, které prošly procesem stárnutí poté v mezinárodní normě opět neuspěl ani jeden z měřených vzorků a v případě normy evropské uspěl pouze 1 z 10 měřených vzorků.



Obr. 4.34: Průměr vzorků 0,6 - 0,7  $\mu\text{m}$  imerzního stříbra bez stárnutí

Na průbězích zprůměrovaných hodnot viditelných na Obrázcích 4.34 a 4.35 je poté dobře vidět rozdíl v maximálních dosažených smáčivostech. Průměr měřených hodnot u vzorků, které neprošly procesem stárnutí dosahuje lepších hodnot než průměr hodnot vzorků, které prošly procesem stárnutí.

Zajímavým faktorem tohoto měření je to, že deska standardizovaně vyráběné tloušťky (0,6 - 0,7  $\mu\text{m}$ ) dosahovala skoro naprosto identických výsledků v případě měření bez stárnutí. O to zajímavějším faktorem bylo, že vzorky nestandardizované tloušťky (0,1 - 0,2  $\mu\text{m}$ ) měly podobné výsledky jak už u dříve zmíněného měření bez stárnutí, tak hlavně u měření po podstoupení procesu stárnutí. Zajímavé také bylo, že jednotlivé vzorky desky tloušťky 0,1 - 0,2  $\mu\text{m}$  dosahovaly podobných hodnot. U vzorků desky povrchové úpravy 0,6 - 0,7  $\mu\text{m}$  se dosahované smáčivosti jednotlivých vzorků lišily.



Obr. 4.35: Průměr vzorků 0,6 - 0,7 μm imerzního stříbra se stárnutím

## 4.8 Měření povrchové úpravy ENIG měděného drátu krátce po výrobě

Pro toto měření byl měděný drát s povrchovou úpravou ENIG (Obrázek 4.36). Povrchové úpravy byly provedeny v tloušťkách 0,02 μm a 0,03 μm. Cílem měření bylo opět zjistit jak si vzorky povedou z hlediska smáčivostí hned po výrobě a poté opět i po podstoupení procesu stárnutí.



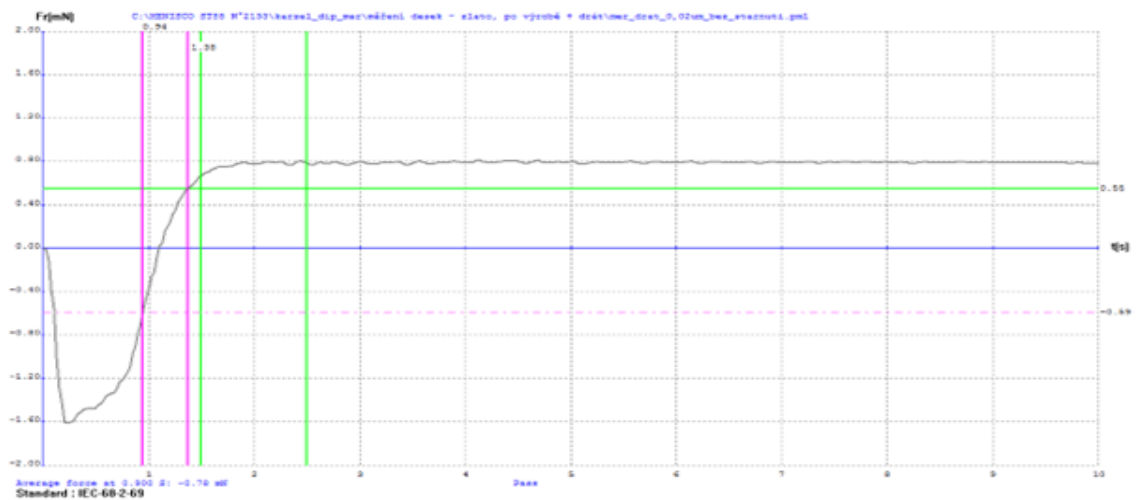
Obr. 4.36: Drát s povrchovou úpravou ENIG

### Drát s povrchovou úpravou tloušťky 0,02 μm

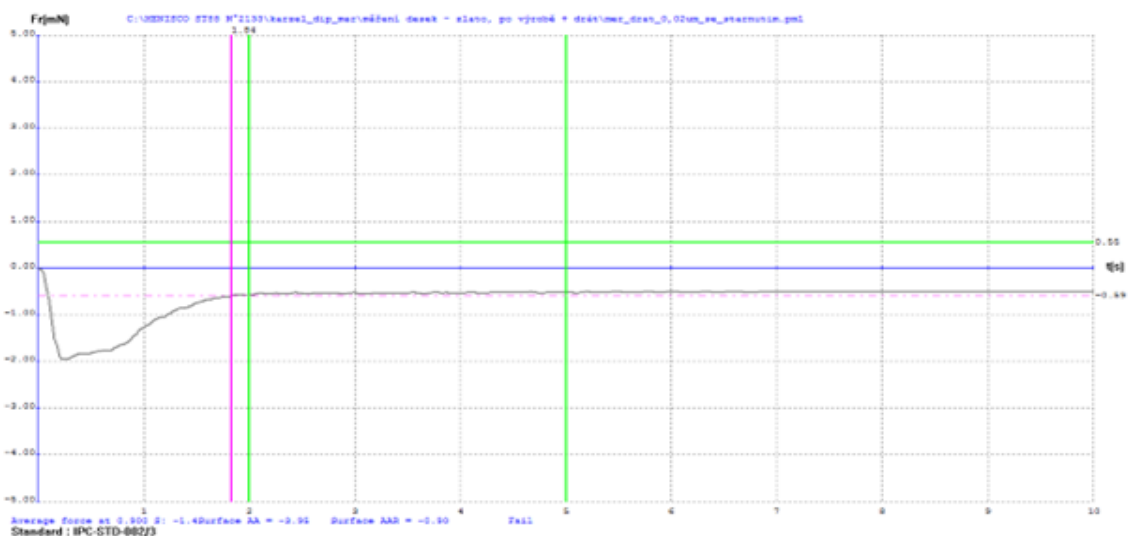
Vzorky drátu s povrchovou úpravou ENIG dosahovaly jedny z nejlepších hodnot smáčivostí ze všech námi měřených povrchových úprav. V případě tloušťky 0,02 μm této povrchové úpravy poté jak je vidět na Obrázku A.33 z naměřených průběhů byly smáčivosti opravdu velice dobré.

U vzorků, které neprošly procesem stárnutí uspělo v evropské normě 9 z 9 měřených vzorků. Vzorek číslo 6 nebyl brán v potaz jelikož se jednalo o chybu měření. Vzorky, které byly podrobeny procesu stárnutí měly jejich smáčivost zhoršeny. Některé ze vzorků vůbec nedosáhly smáčivosti.

Část ze vzorků si ale byla schopna udržet dostačující smáčivost. V evropské normě ale uspěly pouze 3 z 10 námi měřených vzorků. Z hlediska mezinárodní normy neuspěl ani jeden ze vzorků a to jak u těch, které procesem stárnutí prošly tak i u těch, které jím neprošly.



Obr. 4.37: Průměr vzorků 0,02  $\mu\text{m}$  ENIG bez stárnutí



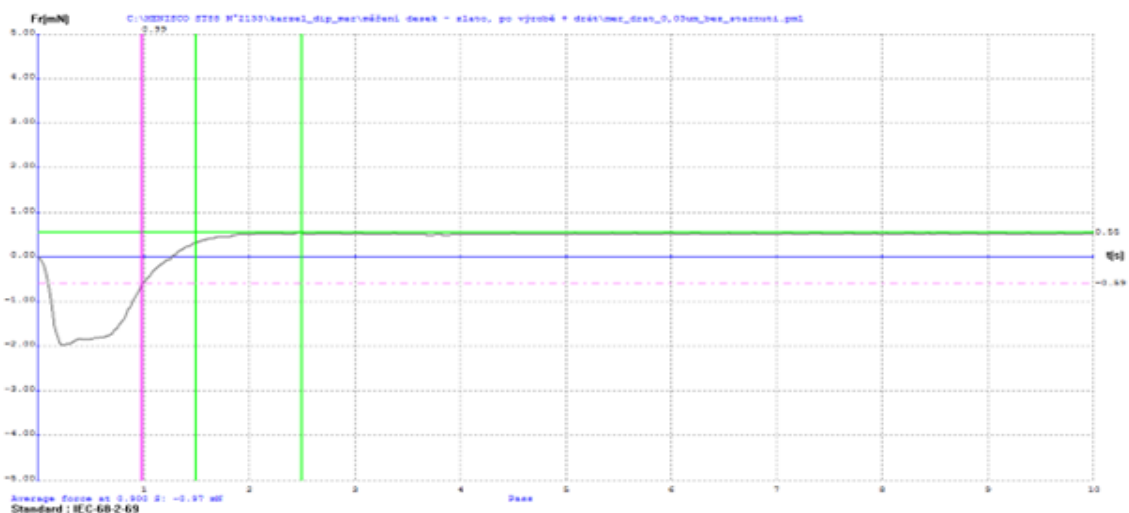
Obr. 4.38: Průměr vzorků 0,02  $\mu\text{m}$  ENIG se stárnutím

Vliv na smáčivost, která měl proces stárnutí je velice dobře viditelný při porovnání obrázků 4.37 a 4.39. Kde průměrná smáčivost vzorků, které byly podrobeny procesu stárnutí dosahuje minimální hodnoty. Jelikož se jedná o výrobcem standardně vyráběnou povrchovou úpravu, byly tyto dobré výsledky smáčivosti očekávány. Co bylo ale překvapujícím faktorem je to jak velký vliv měl na tuto povrchovou úpravu proces stárnutí. To obzvláště z důvodu, že povrchová úprava ENIG by měla mít vysokou odolnost vůči procesu stárnutí a s ním spojeným vzniku intermetalické fáze, to hlavně díky mezi struktuře niklu.

### Drát s povrchovou úpravou tloušťky 0,03 $\mu\text{m}$

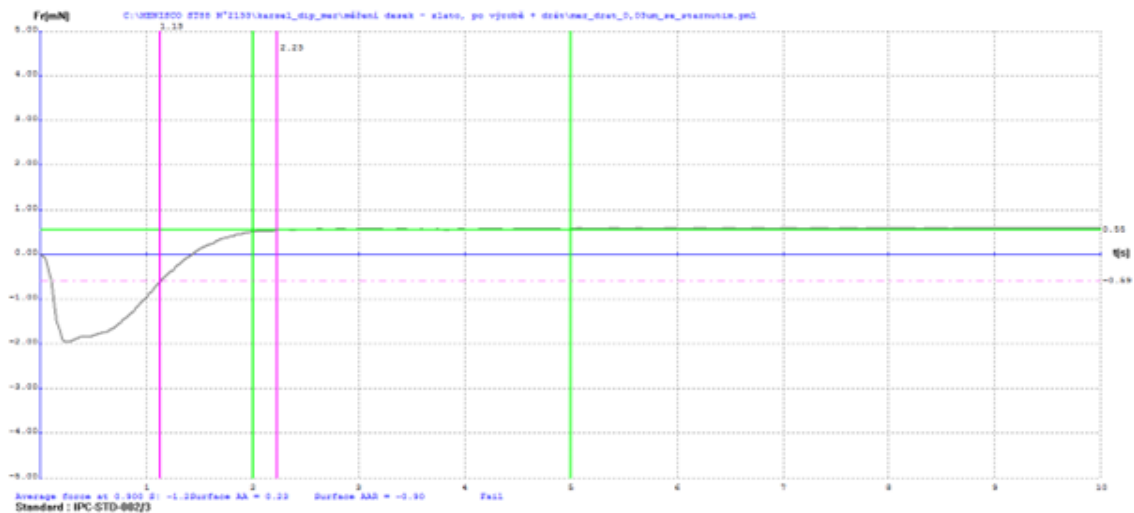
V případě povrchové úpravy ENIG tloušťky 0,03  $\mu\text{m}$  se sice jedná o nestandardizovaně vyráběnou úpravu i přesto si ale vedla v měření dobře. Jak lze vidět na Obrázku A.35 dosahuje velice vysokých smáčivostních hodnot. V evropské normě uspěly všechny měřené vzorky, které nebyly podrobeny procesu stárnutí, tedy kromě dvou vzorků jejichž naměřená data se odchyľují od zbytku.

Stejně jako u vzorků, které neprošly procesem stárnutí, tak i u vzorků, které jím prošly uspěly v evropské opět všechny měřené vzorky. Tedy opět pokud nebereme v potaz dva vzorky, jejichž data se od ostatních z neznámého důvodu liší. V mezinárodní normě neuspěl žádný z měřených vzorků ani v jednom z měření.



Obr. 4.39: Průměr vzorků 0,03  $\mu\text{m}$  ENIG bez stárnutí

Zajímavé bylo sledovat jak minimální vliv na smáčivost této povrchové úpravy měl proces stárnutí. Jak je vidět na průbězích zprůměrovaných dat (Obrázky 4.39 a 4.40) je rozdíl minimální.

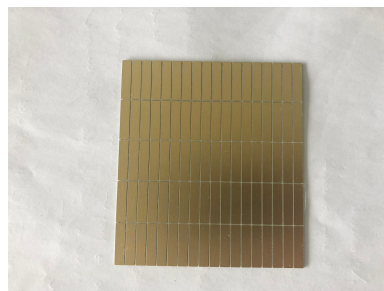


Obr. 4.40: Průměr vzorků 0,03  $\mu\text{m}$  ENIG se stárnutím

Z celkového hlediska tohoto měření, bylo velice zajímavým faktorem to o kolik lépe si vedla povrchová úprava tloušťky 0,03  $\mu\text{m}$  než povrchová úprava 0,02  $\mu\text{m}$  po podrobení procesu stárnutí. Toto byl ale jediný podstatnější rozdíl mezi těmito úpravami. Obě úpravy splňovaly předpoklad dobrých smáčivostí. Tento předpoklad byl vyvozen na základě toho, že v případě ENIG se jedná o jednu z povrchových úprav, která je velice populární a žádaná.

## 4.9 Měření povrchové úpravy ENIG desky plošných spojů krátce po výrobě

Druhé měření povrchové úpravy ENIG bylo prováděno na vzorcích desek plošného spoje typu FR4. Tyto desky byly stejně jako v případě drátu povrchově upraveny ve dvou tloušťkách, opět se jednalo o tloušťky 0,02  $\mu\text{m}$  a 0,03  $\mu\text{m}$ . Stejně jako v ostatních měřeních byla opět část vzorků podrobena procesu stárnutí aby mohl být sledován vliv na zhoršení smáčivosti.



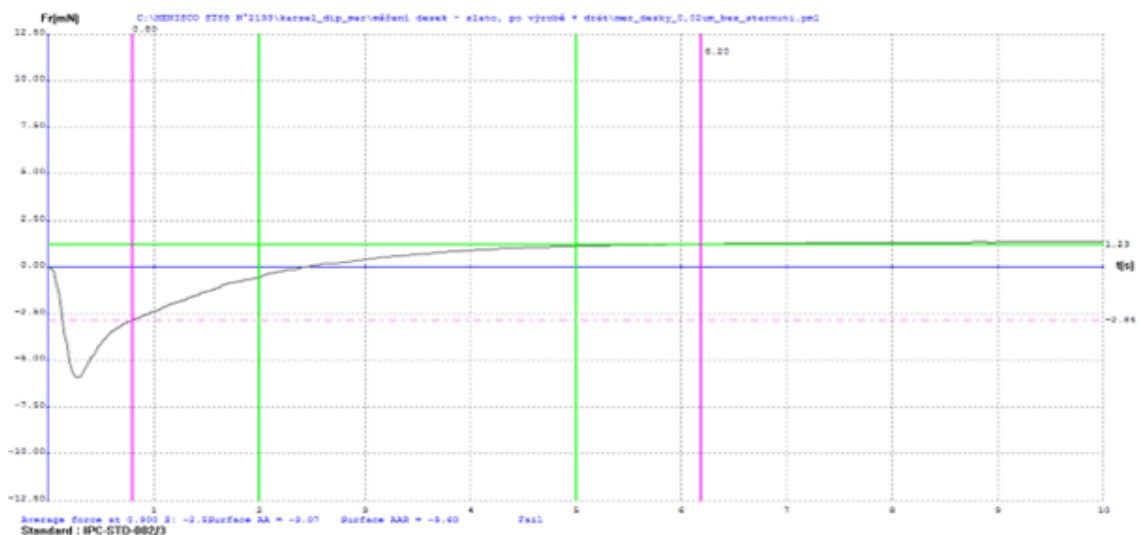
Obr. 4.41: Deska s povrchovou úpravou ENIG



## Deska s povrchovou úpravou tloušťky 0,02 $\mu\text{m}$

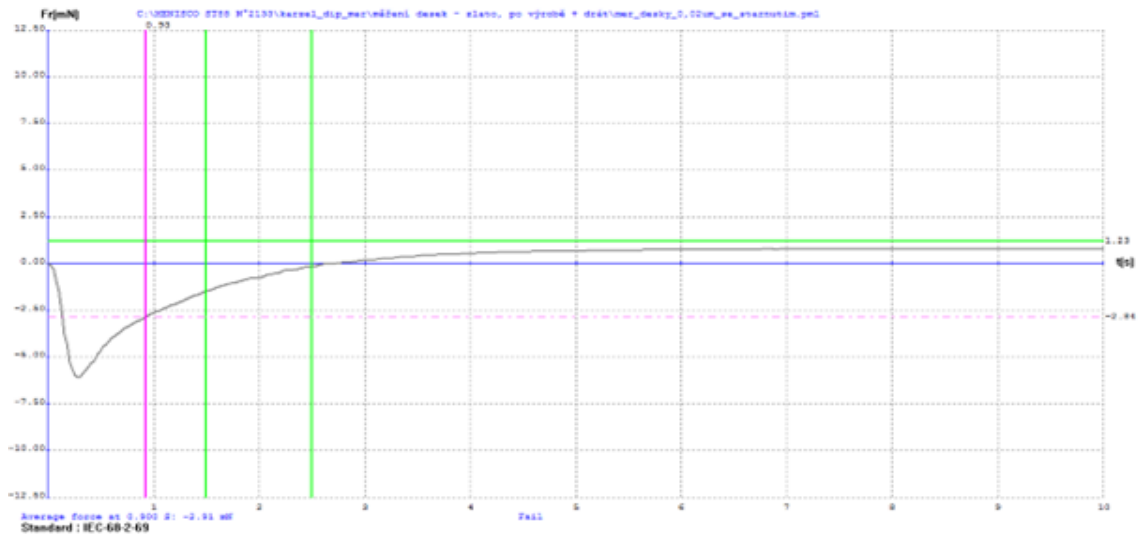
Jak lze vidět na Obrázku A.37 tak i u desek této povrchové úpravy je dosahováno velice dobré a konstantní smáčivosti u všech vzorků. Ze vzorků, které neprošly procesem stárnutí sice v evropské normě uspělo pouze 6 z 10, je nutno ale brát v potaz, že ve zbylých čtyřech případech byla odchylka od splnění parametrů normy naprosto minimální. V mezinárodní normě ale i tak neuspěl ani jeden z měřených vzorů, kde většina vzorků pohořela ve splnění parametru potřební síly v čase 2 s.

U vzorků, které prošly procesem stárnutí (Obrázek A.38) byly výsledky velice podobné. To je hlavně zapříčiněno tím, že proces stárnutí neměl nikterak velký vliv na zhoršení smáčivosti desky. V evropské normě poté uspělo 4 z 10 měřených vzorků. Toto zhoršení úspěšnosti je zapříčiněno malým zhoršením smáčivosti, které má na svědomí proces stárnutí.



Obr. 4.42: Průměr vzorků 0,02  $\mu\text{m}$  ENIG bez stárnutí

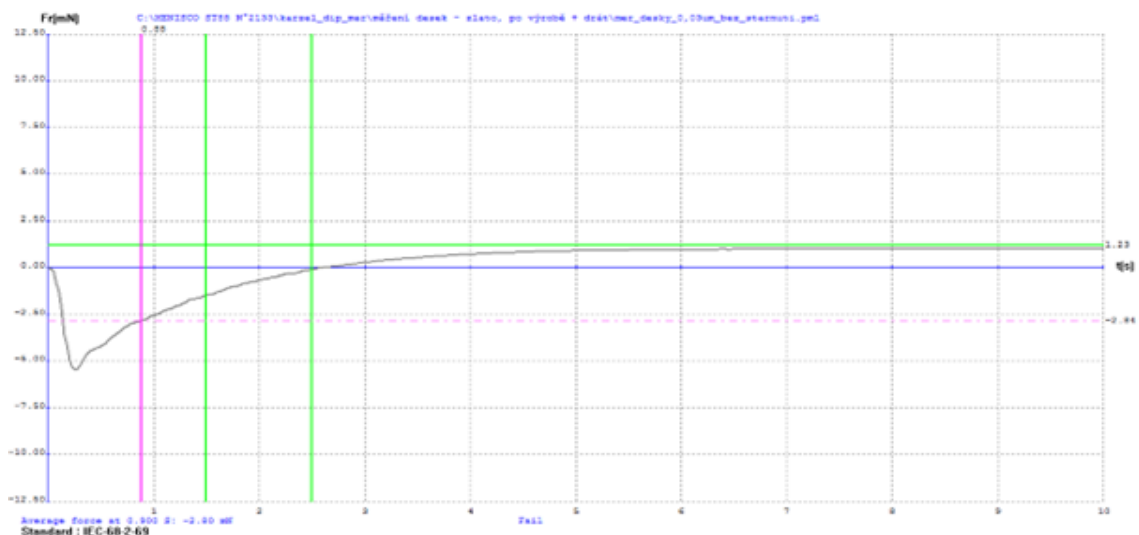
Jak už bylo výše zmíněno tak měl proces stárnutí na smáčivosti desek minimální vliv. Toto je opět dobře viditelné při porovnání zprůměrovaných hodnot na Obrázcích 4.42 a 4.43. Hodnoty smáčivosti se liší minimálně a desky si udržují dobrou smáčivost i po podrobení procesu stárnutí.



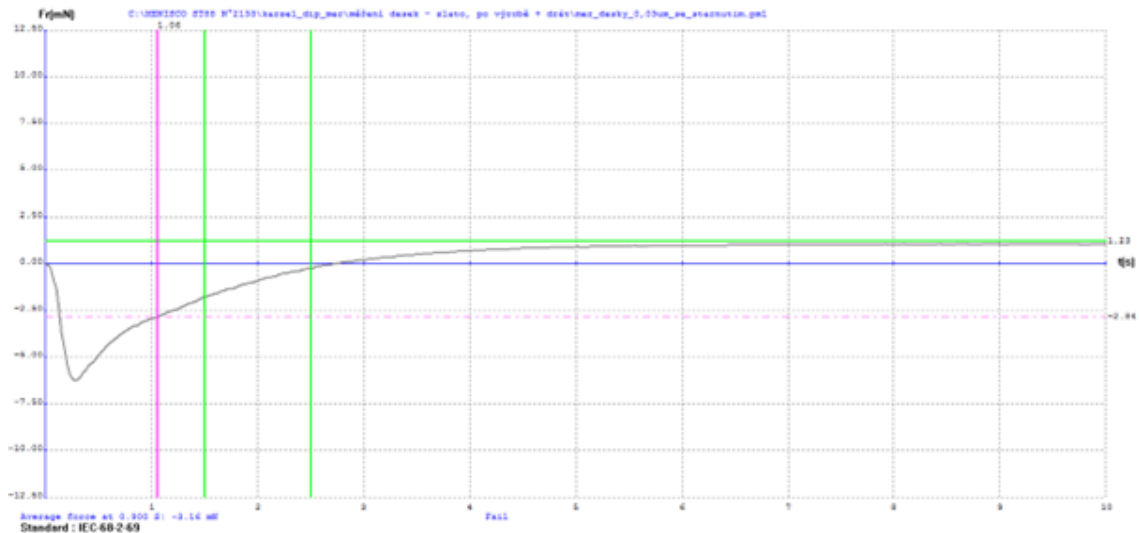
Obr. 4.43: Průměr vzorků 0,02  $\mu\text{m}$  ENIG se stárnutím

### Deska s povrchovou úpravou tloušťky 0,03 $\mu\text{m}$

Stejně jako v případě měření předchozí tloušťky povrchové úpravy ENIG, tak i v případě tloušťky 0,03  $\mu\text{m}$  byly naměřené smáčivosti velice dobré. Na Obrázku 4.44 lze vidět průběhy měřených vzorků, které nebyly podrobeny procesu stárnutí. Hodnoty smáčivosti těchto vzorků jsou velice vysoké a konstantní pro všechny vzorky.



Obr. 4.44: Průměr vzorků 0,03  $\mu\text{m}$  ENIG bez stárnutí



Obr. 4.45: Průměr vzorků 0,03  $\mu\text{m}$  ENIG se stárnutím

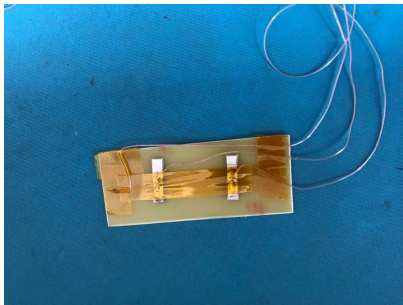
V evropské normě je chybovost 7 z 10 jak vzorků, které procesem stárnutí neprošly tak i u vzorků, které jím prošly, v normě tedy uspěly pouze tři vzorky. Mezinárodní normou neprošel žádný z měřených vzorků. I přes neúspěch ve splnění norem dosahovaly vzorky opravdu velice dobrých smáčivostí. Stejně jako v případě předchozí měřené tloušťky neměl proces stárnutí na vzorky nikterak velký vliv. To je opět dobře viditelné při porovnání zprůměrovaných charakteristik na Obrázcích 4.44 a 4.45.

Z celkového hlediska měření povrchové úpravy ENIG bylo zajímavé sledovat jak dobrými smáčecími vlastnostmi disponuje. Při porovnání povrchové úpravy ENIG s jinými povrchovými úpravami je rozdíl obrovský. Mezi námi měřenými tloušťkami této povrchové úpravy nebyl rozdíl smáčivostí nikterak velký, jediné čím se lišily tak byla úspěšnost ve splnění norem. V případě vzorků, které ale v normě neuspěly a to u obou tlouštěk, byly odchylky od norem ale minimální. Proto se dá jasně konstatovat, že povrchová úprava ENIG uspěla v testech nejlépe ze všech námi měřených povrchových úprav.

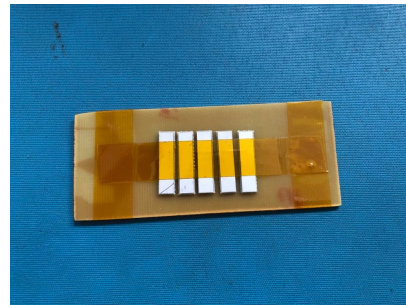
## 4.10 Měření povrchové úpravy imerzním Sn desek plošných spojů po průchodu přetavovací pecí

Během tohoto měření byly vzorky desky plošného spoje s povrchovými úpravami imerzním címem tloušťky 1  $\mu\text{m}$  a 1,3  $\mu\text{m}$  podrobeny průchodu přetavovací pecí. Cílem byly zjistit jaký vliv bude mít tento průchod na smáčivost vzorků. Vzorky desky plošného spoje byly podrobeny průchodu přetavovací pecí, která byla nastavená parametry teplotního profilu (Příloha E). Pro správné nastavení teplotního profilu

byly nutno vyrobit sondu, pomocí které jsme byli tyto parametry správně nastavit (Obrázek 4.46).



Obr. 4.46: Sonda pro nastavení parametrů teplotního profilu



Obr. 4.47: Vzorky připravené na průchod pecí

Po nastavení teplotního profilu byly ze sondy odstraněny čidla aby na ní mohly být umístěny vzorky pro další průchody pecí (Obrázek 4.47). Deska s páskou totiž dobře fungovala jako držák, který bránil vzorkům v jakémkoliv nežádoucím pohybu během průchodu pecí. Když bylo vše nastaveno a připraveno mohli jsme začít se samotným procesem přetavení. Jak už bylo výše zmíněno byly procesu podrobeny dvě tloušťky povrchové úpravy imerzním cínem. Pro každou tloušťku byly vzorky podrobeny jednomu, dvěma a třem průchodům. U těchto vzorků poté byly následně měřeny smáčivosti.



Obr. 4.48: Vzorky během průchodu pecí



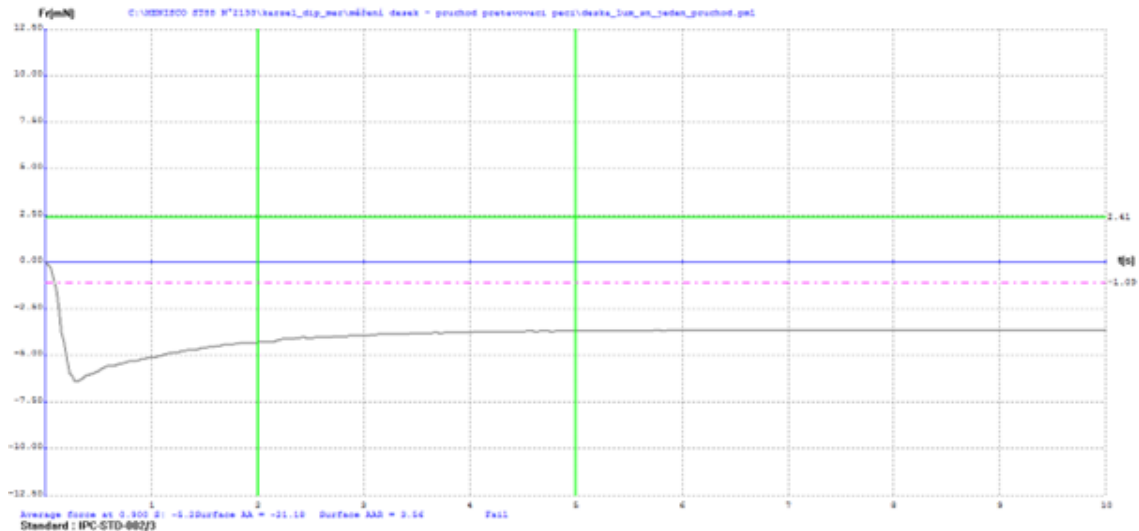
Obr. 4.49: Přetavovací pec

### Jeden průchod přetavovací pecí

Bylo předpokládáno, že s každým průchodem přetavovací pecí se zhorší smáčivostní vlastnosti vzorků desky. Už u po prvním průchodu byly rozdíly v dosažených smáčivostech viditelné jak u tloušťky 1  $\mu\text{m}$  tak i u tloušťky 1,3  $\mu\text{m}$ . Obzvláště pak pokud jsou naměřené smáčivosti po jednom průchodu porovnány se smáčivostmi měřeními hned po výrobě desek je jasně viditelné jak razantní rozdíl průchod přetavovací pecí zapříčinil.

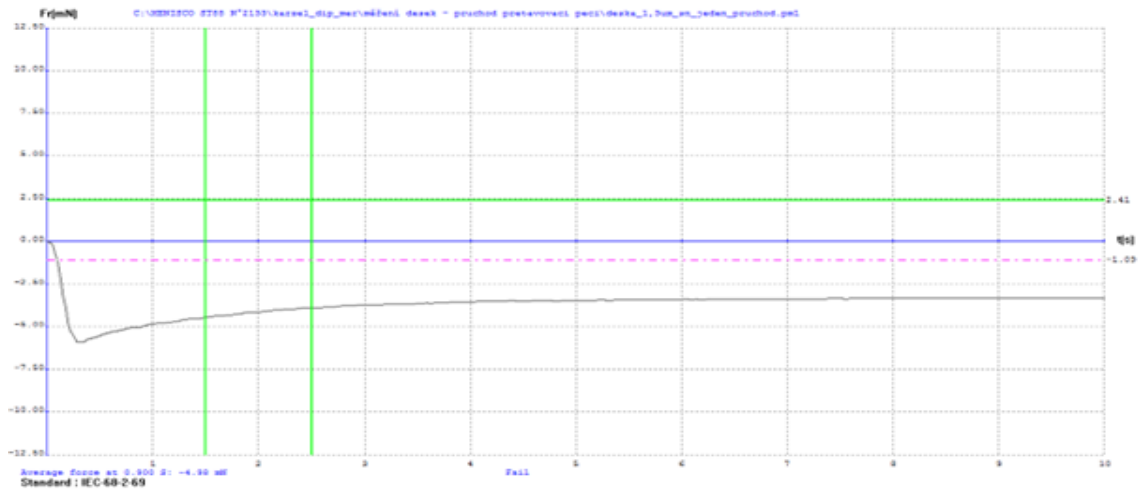
Jak lze vidět na Obrázcích A.41 a A.42 tak žádný z měřených vzorků nedosahoval dobré smáčivosti, většina ze vzorků dosahovala minimální smáčivosti nebo naprostého nesmáčení.

V porovnání průběhů vytvořených ze zprůměrovaných hodnot (Obrázky 4.50 a 4.51) bylo pak překvapivým zjištěním, že lepší smáčivosti, i když s minimálním rozdílem si udržela tloušťka povrchové úpravy 1,3  $\mu\text{m}$ . Bylo to zajímavé hlavně z hlediska, že se nejedná o standardizovaně vyráběnou povrchovou úpravu.



Obr. 4.50: Průměr vzorků 1  $\mu\text{m}$  imerzního cínu po jednom průchodu pecí

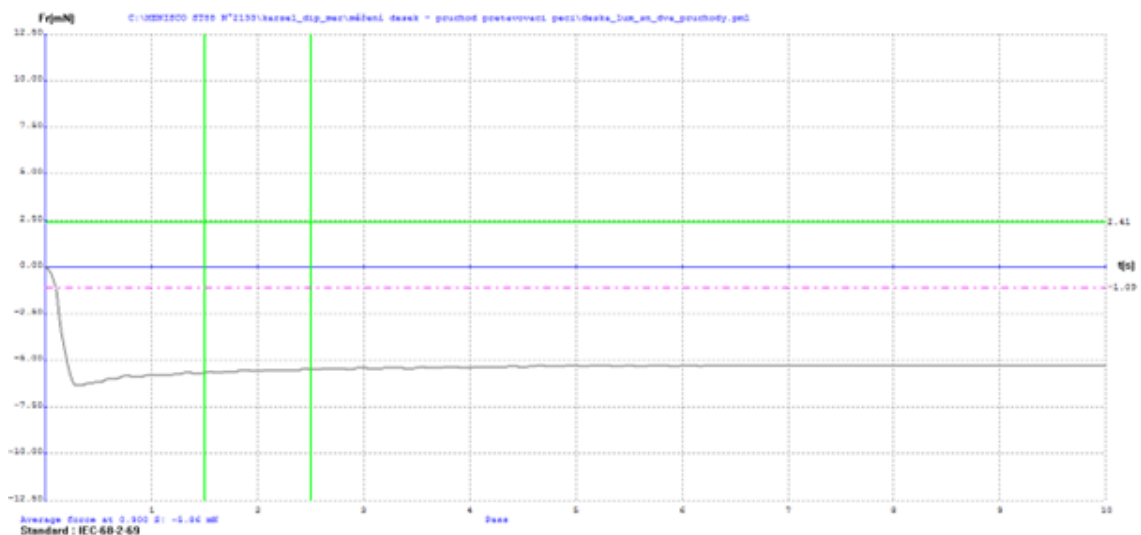
Celkově ale výsledek měření vzorků desek po jednom průchodu přetavovací pecí odpovídal předpokladu. Tedy, že se jejich smáčivosti razantně zhorší už po jednom průchodu. Z hlediska norem poté kvůli velice špatným smáčivostem neobstál ani jeden ze vzorků žádné z měřených tlouštěk povrchových úprav.



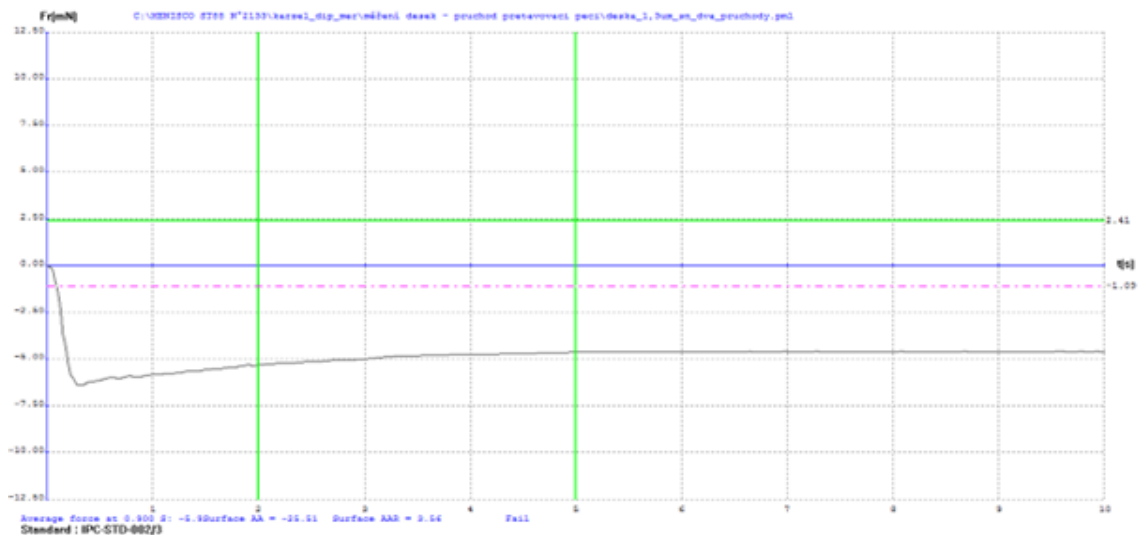
Obr. 4.51: Průměr vzorků 1,3  $\mu\text{m}$  imerzního cínu po jednom průchodu pecí

### Dva průchody přetavovací pecí

Předpokladem měření desek po dvou průchodech bylo zjistit zda se jejich smáčivosti mohou ještě zhoršit v porovnání s jedním průchodem. Po zhodnocení měření jednoho průchodu přetavovací pecí se už nepředpokládá, že by byl některý ze vzorků schopen uspět v některé z norem. Po zhodnocení průběhů měřených vzorků (Obrázky A.43 a A.44) jsme schopni konstatovat, že se smáčivosti vzorků opravdu ještě zhoršili v porovnání pouze s jedním průchodem přetavovací pecí. Vzorky totiž ve většině případů dosahovaly naprostého nesmáčení.



Obr. 4.52: Průměr vzorků 1  $\mu\text{m}$  imerzního cínu po dvou průchodech pecí



Obr. 4.53: Průměr vzorků 1,3 μm imerzního cínu po dvou průchodech pecí

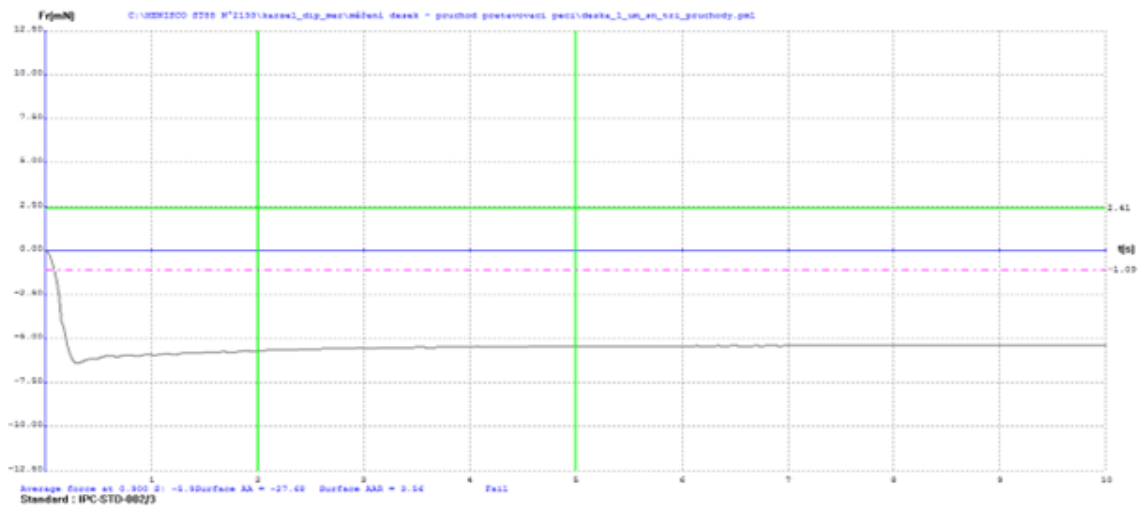
Při porovnání zprůměrovaných charakteristik námi dvou měřených tloušťek, opět zjistíme, že si stejně jako v případě jednoho průchodu přetavovací pecí, opět vedla lépe tloušťka povrchové úpravy 1,3 μm. Jak už bylo výše zmíněno tak se předpokládalo, že ani jeden ze vzorků neobstojí ani v jedné z norem. Tento předpoklad můžeme po zhodnocení měřených vzorků s jistotou potvrdit.

### Tři průchody přetavovací pecí

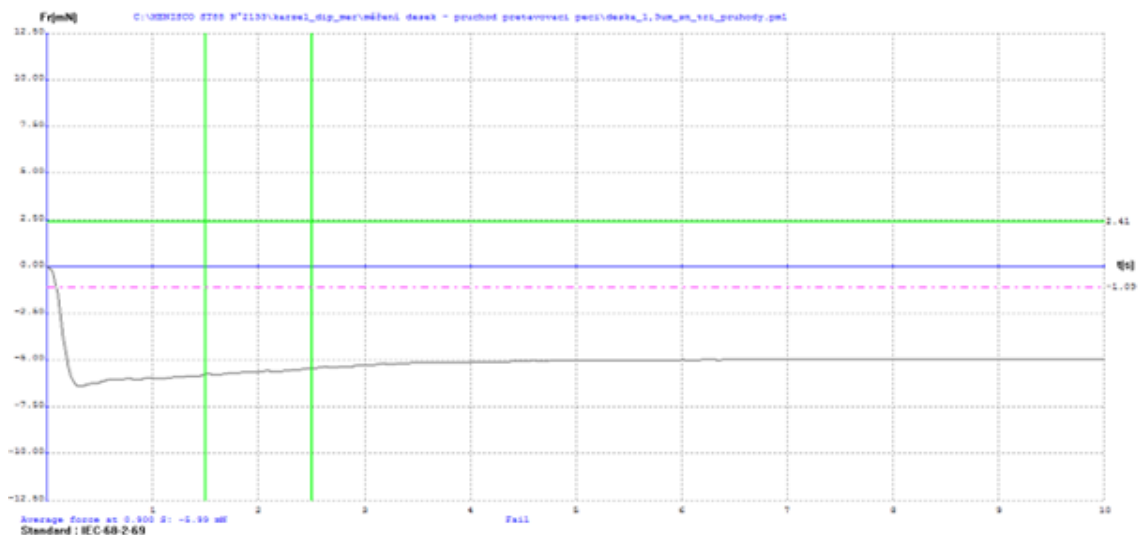
U vzorků, které prošly přetavovací pecí třikrát byly předpokládány nejhorší výsledky v testu smáčivosti. Opět se už na základě předchozích dvou měření nepředpokládalo, že by některý ze vzorků mohl uspět v některé z norem.

Jak lze vidět na Obrázcích A.45 a A.46 tak většina vzorků dosahovala naprostého nesmáčení, pouze v pár případech vzorky dosáhly minimální smáčivosti. Po zhodnocení všech změřených průběhů a i zprůměrovaných dat, lze říci, že vzorky, které prošly přetavovací pecí třikrát měly dosahovaly horší smáčivosti než vzorky, které prošly přetavovací pecí pouze dvakrát. Rozdíly byly ale naprosto minimální.

Pokud porovnáme charakteristiky vytvořené ze zprůměrovaných dat viditelné na Obrázcích 4.54 a 4.55 tak stejně jako u jednoho a dvou průchodů přetavovací pecí i v tomto případě dosahovala povrchová úprava tloušťky 1,3 μm vyšší smáčivosti než povrchová úprava tloušťky 1 μm.



Obr. 4.54: Průměr vzorků 1  $\mu\text{m}$  imerzního cínu po třech průchodech pecí



Obr. 4.55: Průměr vzorků 1,3  $\mu\text{m}$  imerzního cínu po třech průchodech pecí

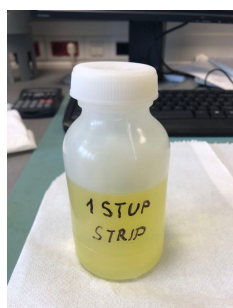
Z hlediska celkového zhodnocení tohoto měření se dá konstatovat, že většina výsledků odpovídala našemu předpokladu. Hlavně bylo zajímavé sledovat vliv jednotlivých průchodů přetavovací pecí na námi měřené vzorky a to, že už při jednom průchodu byly vzorky z hlediska smáčivosti nepoužitelné.

Dalším zajímavým poznatkem bylo to, že rozdíl smáčivostí vzorků, které prošly dvěma a třemi průchody pecí už nebyl skoro žádný. Pro to je ale jednoduché odůvodnění, vzorky už jednoduše nemohly mít menší smáčivost. Největším překvapením poté byla povrchová úprava tloušťky 1,3  $\mu\text{m}$ , která v testech všech průchodů obstála lépe než standardizovaná povrchová úprava 1  $\mu\text{m}$ .



## 4.11 Měření vrstvy imerzního Sn metodou selektivního stripování

Pro ověření naměřené tloušťky povrchových úprav rentgenovým spektrometrem byly vzorky podrobeny procesu selektivního stripování. Pro stripování byl použit jak jednostupňový (Obrázek 4.56) tak dvoustupňový stripér (Obrázek 4.57). Celý proces spočíval v porovnání hmotnosti vzorků před odstripování vrstvy imerzního cínu a opětovném změření hmotnosti po jejím odstripování. Tímto procesem bylo možné získat rozdíl hmotnosti, ze kterého jsme nadále byli schopni vypočítat tloušťku povrchové úpravy u jednotlivých vzorků.



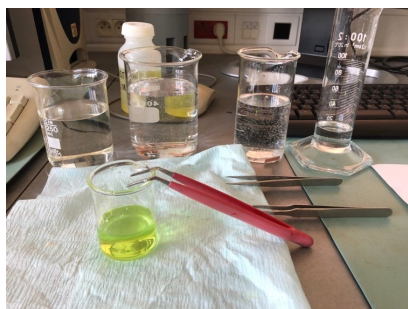
Obr. 4.56: Jednostupňový stripér



Obr. 4.57: Dvoustupňový stripér

Samotný proces stripování jednostupňovým stripérem probíhal následujícím způsobem. Vzorky byly nejdříve zváženy na analytické váze přičemž byla zapsána jejich hmotnost. Po zvážení a zapsání hmotnosti jsme ještě byli nuceni připravit vše pro samotné stripování (Obrázek 4.58). Bylo nutné připravit nádoby jak pro stripovací roztok, tak ale i pro deionizovanou vodu, normální vodu a isoprophyl alkohol, které jsme během procesu také použili. Po odstripování vrstvi cínu byly vzorky totiž opláchnuty nejdříve v jedné nádobě normální vody a poté ještě postupně ve dvou dalších nádobách s vodou deionizovanou. Na závěr byly vzorky ještě opláchnuty v nádobě s isoprophyl alkoholem a to z důvodu urychlení procesu sušení vzorků.

Tento proces byl proveden pro tři různé tloušťky povrchové úpravy imerzním cínem. Jednalo se o tloušťku 0,7  $\mu\text{m}$ , 1  $\mu\text{m}$  a 1,27  $\mu\text{m}$ . Celý proces stripování probíhal za pokojové teploty a vzorky byly ve stripovacím roztoku po dobu dvou minut. Jak už bylo výše zmíněno tak cílem celého procesu stripování bylo přeměřit tyto tloušťky. Přesněji našim cílem bylo změřit úbytek hmotnosti a z této hodnoty následně vypočítat odpovídající tloušťku povrchové úpravy.



Obr. 4.58: Příprava na proces stripování    Obr. 4.59: Vzorky v jednostupňovém stripéru

Proces stripování pomocí dvoustupňového stripéru fungoval na podobném principu jako proces stripování jednostupňovým stripérem. Opět bylo nutné připravit množství nádob s oplachovými tekutinami a dvě nádoby s roztoky pro stripování prvního a druhého stupně. Vzorky byly opět nejdříve zváženy na analytické váze. Po zapsání hmotnosti vzorků jsme mohli začít se samotným procesem stripování. Pro dvoustupňové stripování byly použity stripéry viditelné na Obrázku 4.57. Jako první byl použit stripér TS 1000 (Příloha F), ve kterém byly vzorky ponechány po dobu dvou minut (Obrázek 4.60).

Po uplynutí tohoto času byly vzorky opět postupně opláchnuty v předem připravených oplachových tekutinách, stejně jako u jednostupňového stripování. Po usušení vzorků byla opět změřena jejich hmotnost, za účelem zjištění kolik materiálu odstripoval první stripér. Když byly vzorky změřeny a zapsána jejich hmotnost, bylo možno pokračovat se stripováním druhého stupně. Pro toto stripování byl použit stripér TS Omega (Příloha G), ve kterém byly vzorky ponechány po dobu jedné minuty.

Po uplynutí jedné minuty byly vzorky opět opláchnuty ve všech oplachových kapalinách a po důkladném vysušení opět zváženy na analytické váze. Opět byla zapsána hmotnost vzorků a celý proces mohl pokračovat pro další tloušťku povrchové úpravy. Stejně jako v případě jednostupňového stripování tak i tentokrát bylo stripování provedeno pro povrchové úpravy imerzním címem tloušťky 0,7  $\mu\text{m}$ , 1  $\mu\text{m}$  a 1,27  $\mu\text{m}$ . Celý proces opět probíhal za pokojové teploty laboratoře.



Obr. 4.60: Vzorky ve stripéru TS 1000

Když byly všechny vzorky odstripovány a zapsány jejich úbytky hmotnosti, bylo možno pokračovat se zpracováním naměřených dat. Pro výpočet tloušťky a hmotnosti imerzní vrstvy cínu z úbytku hmotnosti a hustoty cínu byly použity rovnice:

$$m = V * \rho \quad (4.1)$$

$$V = tl * S \quad (4.2)$$

$m$  = hmotnost vrstvy imerzního cínu

$V$  = objem vrstvy imerzního cínu

$\rho$  = tabulková hodnota hustoty cínu

$tl$  = tloušťka vrstvy imerzního cínu

$S$  = povrch vzorku pokrytý imerzním cínem

Pomocí Rovnic 4.1 a 4.2 byly vypočteny hodnoty a následně zobrazeny v Tabulkách 4.1 a 4.2. Výpočet byl prováděn v programu MS Excel a následně převeden do textového editoru. Pro přehlednější zobrazení byly výsledné hodnoty zaokrouhleny na čtyři desetinná místa.

Z hodnot úbytku hmotnosti zobrazených a vypočtených pro stripování jednostupňovým stripérem (Tabulka 4.1) jsme byli schopni vypočítat tloušťku povrchové úprav, které tyto hmotnosti odstripovaného materiálu odpovídaly. U všech námi měřených hodnot je viditelná odchylka od tloušťky změřené pomocí rentgenového spektrometru. Tyto odchylky mohou být způsobeny více faktory.

Tab. 4.1: Hodnoty stripování jednostupňovým stripérem

<b>Tloušťka 0,7<math>\mu</math>m</b>	8 vzorků	Hmotnost [g]		
Hmotnost před stripováním		1,6538	Hustota cínu [g/cm <sup>3</sup> ]	7,3800
Hmotnost po stripování		1,6409	V [cm <sup>3</sup> ]	0,0001
Rozdíl		0,0130	S [cm <sup>2</sup> ]	1,0000
1 vzorek průměr		0,0016	tl [cm]	0,0001
1 strana		0,0008	<b>tl [<math>\mu</math>m]</b>	<b>1,0976</b>
			<b>Rozdíl tloušťky</b>	<b>0,3976</b>
<b>Tloušťka 1<math>\mu</math>m</b>	8 vzorků	Hmotnost [g]		
Hmotnost před stripováním		1,6414	Hustota cínu [g/cm <sup>3</sup> ]	7,3800
Hmotnost po stripování		1,6238	V [cm <sup>3</sup> ]	0,0001
Rozdíl		0,0176	S [cm <sup>2</sup> ]	1,0000
1 vzorek průměr		0,0022	tl [cm]	0,0001
1 strana		0,0011	<b>tl [<math>\mu</math>m]</b>	<b>1,4905</b>
			<b>Rozdíl tloušťky</b>	<b>0,4905</b>
<b>Tloušťka 1,27<math>\mu</math>m</b>	8 vzorků	Hmotnost [g]		
Hmotnost před stripováním		1,6374	Hustota cínu [g/cm <sup>3</sup> ]	7,3800
Hmotnost po stripování		1,6166	V [cm <sup>3</sup> ]	0,0002
Rozdíl		0,0208	S [cm <sup>2</sup> ]	1,0000
1 vzorek průměr		0,0026	tl [cm]	0,0002
1 strana		0,0013	<b>tl [<math>\mu</math>m]</b>	<b>1,7615</b>
			<b>Rozdíl tloušťky</b>	<b>0,4915</b>

Jedním z hlavních faktorů může být to, že během procesu stripování byla kromě vrstvy imerzního cínu odstripována i část měděného základu desek. Toto se může stát v případě použití agresivního stripéru. Dalším faktorem, který mohl zapříčinit tyto odchylky, může být to, že ve vrstvě cínu, který byl použit pro povrchovou úpravu vznikla poréznost. Posledním možným důvodem, může být, že povrchová úprava desky nebyla stejné tloušťky na celém povrchu, toto je ale značně nepravděpodobné.

Hodnoty úbytku hmotností při použití dvoustupňového stripéru (Tabulka 4.2) byly zpracovány stejně jako v případě jednostupňového stripéru. Opět byla z tohoto námi změřeného úbytku hmotnosti vypočtena tloušťka povrchové úpravy, to jak po stripování stripérem prvního stupně tak i po stripování stripérem druhého stupně.

Tab. 4.2: Hodnoty stripování dvoustupňovým stripérem

<b>Tloušťka 0,7 <math>\mu\text{m}</math></b>	8 vzorků	Hmotnost [g]	Hustota cínu [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]	7,3800
Před stripováním		1,6633	S [ $\text{cm}^2$ ]	1,0000
Po prvním stripování		1,6554	V pro 1. stripování [ $\text{cm}^3$ ]	0,0001
Rozdíl hmotností		0,0079	Tloušťka 1. stripování [cm]	0,0001
Průměrná hmotnost 1 vzorku		0,0010	Tloušťka 1. stripování [ $\mu\text{m}$ ]	0,6690
Hmotnost 1 strany vzorku		0,0005	<b>Rozdíl tloušťky 1. strip [<math>\mu\text{m}</math>]</b>	<b>-0,0310</b>
Po druhém stripování		1,6512	V pro 2. stripování [ $\text{cm}^3$ ]	0,0001
Rozdíl hmotností		0,0121	Tloušťka 2. stripování [cm]	0,0001
Průměrná hmotnost 1 vzorku		0,0015	Tloušťka 2. stripování [ $\mu\text{m}$ ]	1,0247
Hmotnost 1 strany vzorku		0,0008	<b>Rozdíl tloušťky 2. strip [<math>\mu\text{m}</math>]</b>	<b>0,3247</b>
<b>Tloušťka 1 <math>\mu\text{m}</math></b>	8 vzorků	Hmotnost [g]	Hustota cínu [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]	7,3800
Před stripováním		1,6496	S [ $\text{cm}^2$ ]	1,0000
Po prvním stripování		1,6378	V pro 1. stripování [ $\text{cm}^3$ ]	0,0001
Rozdíl hmotností		0,0118	Tloušťka 1. stripování [cm]	0,0001
Průměrná hmotnost 1 vzorku		0,0015	Tloušťka 1. stripování [ $\mu\text{m}$ ]	0,9993
Hmotnost 1 strany vzorku		0,0007	<b>Rozdíl tloušťky 1. strip [<math>\mu\text{m}</math>]</b>	<b>-0,0007</b>
Po druhém stripování		1,6336	V pro 2. stripování [ $\text{cm}^3$ ]	0,0001
Rozdíl hmotností		0,0160	Tloušťka 2. stripování [cm]	0,0001
Průměrná hmotnost 1 vzorku		0,0020	Tloušťka 2. stripování [ $\mu\text{m}$ ]	1,3550
Hmotnost 1 strany vzorku		0,0010	<b>Rozdíl tloušťky 2. strip [<math>\mu\text{m}</math>]</b>	<b>0,3550</b>
<b>Tloušťka 1,27 <math>\mu\text{m}</math></b>	8 vzorků	Hmotnost [g]	Hustota cínu [ $\text{g}/\text{cm}^3$ ]	7,3800
Před stripováním		1,6416	S [ $\text{cm}^2$ ]	1,0000
Po prvním stripování		1,6286	V pro 1. stripování [ $\text{cm}^3$ ]	0,0001
Rozdíl hmotností		0,0130	Tloušťka 1. stripování [cm]	0,0001
Průměrná hmotnost 1 vzorku		0,0016	Tloušťka 1. stripování [ $\mu\text{m}$ ]	1,1009
Hmotnost 1 strany vzorku		0,0008	<b>Rozdíl tloušťky 1. strip [<math>\mu\text{m}</math>]</b>	<b>-0,1691</b>
Po druhém stripování		1,6223	V pro 2. stripování [ $\text{cm}^3$ ]	0,0002
Rozdíl hmotností		0,0193	Tloušťka 2. stripování [cm]	0,0002
Průměrná hmotnost 1 vzorku		0,0024	Tloušťka 2. stripování [ $\mu\text{m}$ ]	1,6345
Hmotnost 1 strany vzorku		0,0012	<b>Rozdíl tloušťky 2. strip [<math>\mu\text{m}</math>]</b>	<b>0,3645</b>

Z vypočtených hodnot je viditelné, že během procesu dvoustupňového stripování stripování hodnoty dobře odpovídají hodnotám, které byly změřeny rentgenovým spektrometrem. Tedy, odchylka tloušťky změřené po stripování prvním stripérem byla téměř nulová. Po odstripování druhým stripérem během procesu dvoustupňového stripování se odchylka zvětší, to je ale zapříčiněno faktem, že druhý stripér odstraňuje intermetalickou fázi. Rentgenový spektrometr je naopak schopen měřit pouze vrstvu cínu (bez intermetalické fáze), proto jsou pro nás směrodatné hodnoty hlavně po stripování prvního stupně.

## 5 Výsledky měření

Pro závěrečné porovnání jednotlivých povrchových úprav a jejich tloušťek byly porovnávány zprůměrované hodnoty průběhů měřených vzorků těchto úprav. Vzorce použité pro výpočet jsou dohledatelné v Kapitole 3.2. Z grafů zprůměrovaných průběhů byly odečteny potřebné hodnoty pro výpočet poměru  $F_2/t_{2/3}$ . Jedná se o ukazatel toho jak dobrá je smáčivost měřeného vzorku. Čím větší je hodnota tohoto poměru tím lepší smáčivosti vzorek dosahuje.

Obě dvě tyto síly jsme byli schopni odečíst z grafu průběhu zprůměrovaných smáčivostí. Následně po výpočtu síly  $F_2$  jsme mohli získat sílu  $F_{2/3}$ . Jedná se totiž o sílu odpovídající dvěma třetinám síly  $F_2$ . Po získání hodnoty síly  $F_{2/3}$  jsme mohli z grafu průběhu zprůměrovaných smáčivostí odečíst hodnotu  $t_{2/3}$ , jedná se totiž o čas kdy je dosaženo síly  $F_{2/3}$ . Takto vypočtené hodnoty jsou pro jejich dobré vizuální zobrazení vykresleny ve sloupcových Grafech 5.1, 5.2 a 5.3.

Teoreticky nejvyšší možnou dosaženou hodnotu  $F_{wteor}$  ( $F_{2teor}$ ) pro maximální smáčecí úhel  $\cos \theta = 0^\circ$  se dá vypočíst ze vztahu:

$$p = \pi \times D = 3.1415 \times 10^{-3} \text{ [m]}$$

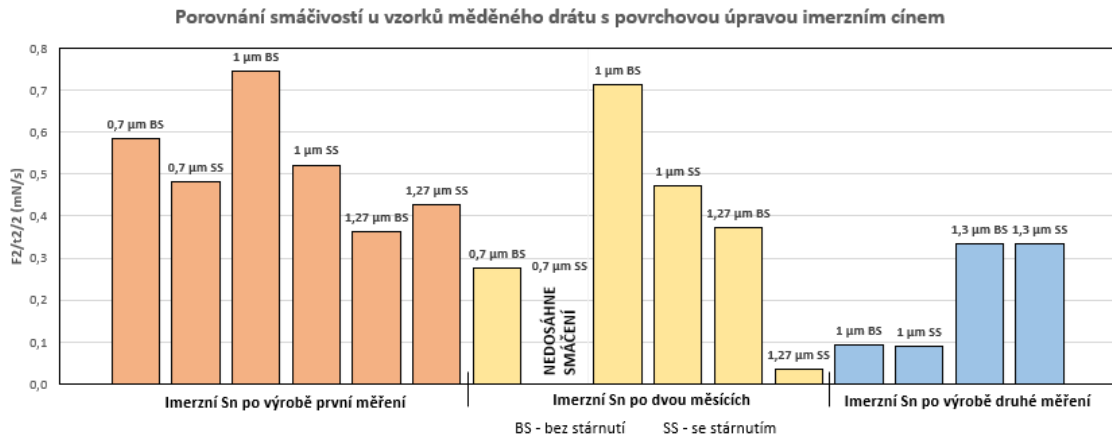
$$\cos \theta = 0^\circ = 1$$

$$\gamma = 0,535 \text{ [N.m}^{-1}\text{]}$$

$$F_{wteor} = \gamma \times p \times \cos\theta = 0,535 \times 3,1415 \times 10^{-3} \times 1 = 1,68 \times 10^{-3} \text{ [N]} = 1,68 \text{ [mN]}$$

## Vyhodnocení smáčivosti povrchové úpravy imerzním Sn měděného drátu

V dosažených smáčivostech povrchové úpravy imerzním cínem u měděného drátu je viditelný trend kdy povětšinou dosahují lepší smáčivosti vzorky, které neprošly procesem stárnutí.

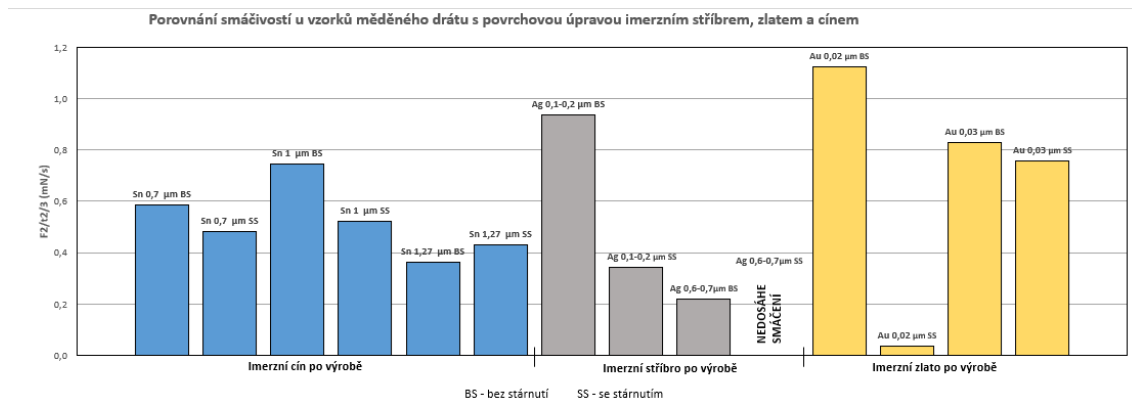


Obr. 5.1: Porovnání zprůměrovaných smáčivostí povrchové úpravy měděného drátu imerzním cínem

Nejllepších výsledků pak dosahuje hlavně povrchová úprava tloušťky 1 μm, která má nejlepší výsledky jak hned po výrobě tak i po dvou měsících od výroby. V porovnání smáčivosti po procesu stárnutí je na tom povrchová úprava tloušťky 1 μm stále nejlépe. Zajímavé ale je, že v případě druhého měření, nové sady vzorků této stejné povrchové úpravy už ale nedosahuje tak dobrých hodnot a naopak je v tomto případě lepší povrchová úprava imerzním cínem tloušťky 1,3 μm.

## Vyhodnocení smáčivosti povrchové úpravy imerzním Ag a Au měděného drátu

Jak je viditelné na Obrázku 5.2 tak je v naměřených hodnotách povrchových úprav imerzním stříbrem a ENIG vidět podobný trend jako u povrchové úpravy imerzním cínem. Obzvláště potom opět rozdíl ve smáčivostech mezi vzorky, které neprošly procesem stárnutí a vzorky, které jím prošly. U iENIG poté dosahují obě námi měřené tloušťky povrchové úpravy lepší hodnoty než v případě nejlepších hodnot úpravy imerzním cínem.



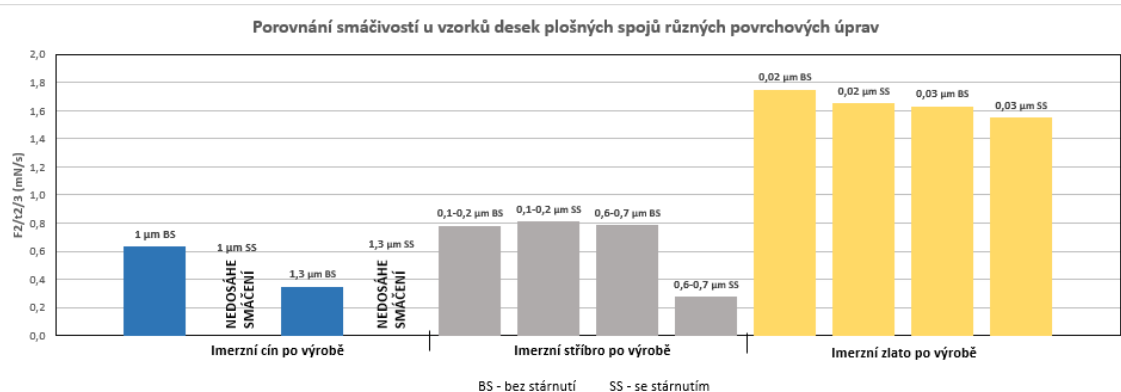
Obr. 5.2: Porovnání zprůměrovaných smáčivostí povrchové úpravy měděného drátu imerzním stříbrem a ENIG

Naopak u imerzního stříbra dosahuje lepších výsledků pouze úprava tloušťky 0,1 - 0,2  $\mu\text{m}$ . V případě námi druhé měřené povrchové úpravy imerzním stříbrem jsou hodnoty horší než u nejlepší úpravy imerzním cínem. Obzvláště pak po podstoupení procesu stárnutí byla smáčivost povrchové úpravy tloušťky 0,6 - 0,7  $\mu\text{m}$  naprosto nevyhovující.

### Vyhodnocení smáčivosti povrchové úpravy imerzním Sn, Ag a Au desek plošných spojů

V případě námi měřených vzorků desek plošných spojů si pak nejlépe vedla povrchová úprava ENIG, která dosahovala nejlepších hodnot. To jak pro vzorky, které byly měřeny hned po výrobě, tak i pro vzorky, které prošly procesem stárnutí. Povrchová úprava imerzním stříbrem měla také dobré hodnoty smáčivosti, sice nedosahovala tak vysokých hodnot jako ENIG, ale i tak byly její smáčivosti vyhovující. V případě povrchové úpravy imerzním cínem pak už výsledky nebyly tak dobré. Hned po výrobě sice obě dvě námi měřené tloušťky dosahovaly poměrně dobrých smáčivostí, ty ale i tak dosahovaly horších hodnot než v případě zlata a stříbra. Obzvláště poté u vzorků, které byly podrobeny vnějším vlivům, procesu stárnutí anebo průchodu přetavovací pecí docházelo k nesmáčivosti.





Obr. 5.3: Porovnání zprůměrovaných smáčivostí různých povrchových úprav vzorků desek plošných spojů

Do vizuálního zobrazení na Obrázku 5.3 poté nebyly zahrnuty hodnoty vzorků povrchové úpravy imerzním cínem, které byly měřeny po dvou měsících od výroby a po přechodu přetavovací peci. U těchto vzorků totiž jak už bylo dříve zmíněno nedocházelo ke smáčivosti, nebylo tedy do grafu co promítnout.

Z celkového hlediska pak ve všech testech nejlépe obstála povrchová úprava ENIG, která dosahovala nejlepších smáčecích hodnot. Druhá byla povrchová úprava imerzním stříbrem i když překvapujícím faktorem bylo, že v případě této povrchové úpravy dosahovala lepších výsledků tloušťky, která není standardizovaná. Nejhorších smáčivostí poté dle předpokladu dosahovala povrchová úprava imerzním cínem. Po zhodnocení výsledků je nadmíru jasné proč už není povrchová úprava imerzním cínem tak žádaná a upřednostňují se jiné typy povrchových úprav.

### Vyhodnocení smáčivosti měřených vzorků z hlediska norem

Úspěšnost námi měřených povrchových úprav z hlediska norem je následně zobrazena v tabulce 5.1, kde je zobrazena a vypočtena procentuální úspěšnost čistě z hlediska splnění norem.

Tab. 5.1: Zhodnocení úspěšnosti povrchových úprav dle norem

BEZ STÁRNUTÍ		IEC 68-2-69		Smáčení ( $\theta < 90^\circ$ )	
		Úspěšnost	% úspěšnost	Úspěšnost	% úspěšnost
Sn drát po výrobě	0,7 $\mu\text{m}$	11 ze 14	78,57	14 ze 14	100,00
	1 $\mu\text{m}$	12 ze 14	85,71	14 ze 14	100,00
	1,27 $\mu\text{m}$	7 ze 14	50,00	14 ze 14	100,00
Sn drát dva měsíce	0,7 $\mu\text{m}$	8 ze 14	57,14	12 ze 14	85,71
	1 $\mu\text{m}$	12 ze 14	85,71	12 ze 14	85,71
	1,27 $\mu\text{m}$	7 ze 14	50,00	13 ze 14	92,86
Sn deska po výrobě	1 $\mu\text{m}$	2 z 10	20,00	10 z 10	100,00
	1,3 $\mu\text{m}$	0 z 10	0	8 z 10	80,00
Sn deska dva měsíce	1 $\mu\text{m}$	0 z 10	0	1 z 10	10,00
	1,3 $\mu\text{m}$	0 z 10	0	1 z 10	10,00
Sn drát po výrobě druhé měření	1 $\mu\text{m}$	3 z 10	30,00	8 z 10	80,00
	1,3 $\mu\text{m}$	4 z 10	40,00	9 z 10	90,00
Ag drát po výrobě	0,1-0,2 $\mu\text{m}$	10 z 10	100,00	10 z 10	100,00
	0,6-0,7 $\mu\text{m}$	7 z 10	70,00	9 z 10	90,00
Ag deska po výrobě	0,1-0,2 $\mu\text{m}$	7 z 10	70,00	10 z 10	100,00
	0,6-0,7 $\mu\text{m}$	7 z 10	70,00	10 z 10	100,00
Au drát po výrobě	0,02 $\mu\text{m}$	9 z 9	100,00	9 z 9	100,00
	0,03 $\mu\text{m}$	8 z 10	80,00	9 z 10	90,00
Au deska po výrobě	0,02 $\mu\text{m}$	6 z 10	60,00	10 z 10	100,00
	0,03 $\mu\text{m}$	3 z 10	30,00	10 z 10	100,00
Sn deska jeden průchod	1 $\mu\text{m}$	0 z 10	0	1 z 10	10,00
	1,3 $\mu\text{m}$	0 z 10	0	1 z 10	10,00
Sn deska dva průchody	1 $\mu\text{m}$	0 z 10	0	0 z 10	0
	1,3 $\mu\text{m}$	0 z 10	0	0 z 10	0
Sn deska tři průchody	1 $\mu\text{m}$	0 z 10	0	0 z 10	0
	1,3 $\mu\text{m}$	0 z 10	0	0 z 10	0
SE STÁRNUTÍM		IEC 68-2-69		Smáčení ( $\theta < 90^\circ$ )	
		Úspěšnost	% úspěšnost	Úspěšnost	% úspěšnost
Sn drát po výrobě	0,7 $\mu\text{m}$	8 ze 12	66,67	11 ze 12	91,67
	1 $\mu\text{m}$	10 ze 14	71,43	13 ze 14	92,86
	1,27 $\mu\text{m}$	7 ze 14	50,00	14 ze 14	100,00
Sn drát dva měsíce	0,7 $\mu\text{m}$	0 ze 14	0	5 ze 14	35,71
	1 $\mu\text{m}$	8 ze 14	57,14	13 ze 14	92,86
	1,27 $\mu\text{m}$	5 ze 14	35,71	9 ze 14	64,29
Sn deska po výrobě	1 $\mu\text{m}$	0 z 10	0	1 z 10	10,00
	1,3 $\mu\text{m}$	0 z 10	0	4 z 10	40,00
Sn deska dva měsíce	1 $\mu\text{m}$	0 z 10	0	0 z 10	0
	1,3 $\mu\text{m}$	0 z 10	0	0 z 10	0
Sn drát po výrobě druhé měření	1 $\mu\text{m}$	2 z 10	20,00	6 z 10	60,00
	1,3 $\mu\text{m}$	4 z 10	40,00	9 z 10	90,00
Ag drát po výrobě	0,1-0,2 $\mu\text{m}$	5 z 10	50,00	9 z 10	90,00
	0,6-0,7 $\mu\text{m}$	0 z 10	0	7 z 10	70,00
Ag deska po výrobě	0,1-0,2 $\mu\text{m}$	1 z 10	10,00	10 z 10	100,00
	0,6-0,7 $\mu\text{m}$	1 z 10	10,00	8 z 10	80,00
Au drát po výrobě	0,02 $\mu\text{m}$	3 z 10	30,00	6 z 10	60,00
	0,03 $\mu\text{m}$	8 z 10	80,00	8 z 10	80,00
Au deska po výrobě	0,02 $\mu\text{m}$	4 z 10	40,00	10 z 10	100,00
	0,03 $\mu\text{m}$	3 z 10	30,00	10 z 10	100,00

Jak lze vidět v tabulce tak na tom nejlépe z hlediska úspěšnosti v normách u povrchové úpravy imerzním cínem byly vzorky drátu tloušťky 1  $\mu\text{m}$ . Dosahovaly nejlepších hodnot jak v případě měření hned po výrobě tak i v měření po dvou měsících. Z celkového hlediska pak v normách ale lépe obstály povrchové úpravy imerzním stříbrem a ENIG, které měly vysokou úspěšnost ve všech měření po výrobě bez stárnutí.

Z hlediska měření ENIG a imerzního stříbra po procesu stárnutí tak byla sice úspěšnost horší, ale v případě kdy vzorek nesplňoval parametry pro uspění v normě, byly odchylky od těchto potřebných parametrů minimální. Smáčení pak dosahovala většina námi měřených vzorků všech povrchových úprav, jediná výjimka byly vzorky DPS s povrchovou úpravou imerzním cínem, které byly měřeny po dvou měsících od výroby.

### **Vyhodnocení smáčivosti měřených vzorků po průchodu přetavovací pecí**

V posledním měření, povrchové úpravy imerzním cínem po průchodu přetavovací pecí, neuspěl ani jeden z měřených vzorků a to hlavně z důvodu, že vzorky z většiny nedosahovaly smáčivosti. To bylo zapříčiněno zhoršením kvality povrchové úpravy právě procesem přetavení. Naměřené charakteristiky vzorků, které prošly přetavovací pecí nedosahovaly korigované nuly a jejich smáčecí úhel byl větší než  $90^\circ$ . Popis zprůměrovaných hodnot charakteristik je zobrazen v Kapitole 4.10.

## 6 Závěr

Tématem této diplomové práce jsou povrchové úpravy desek plošných spojů pro bezolovnaté pájení a problematika s tím spojená. Podrobněji se práce poté zaměřuje na povrchovou úpravu iverzním cínem a iverzním stříbrem. V části teoretického úvodu (Kapitola 2.1) lze najít obecné popsání hlavních povrchových úprav. Následně (Kapitola 2.2) jsou zobrazeny testovací metody, kterými je možno měřit smáčivost povrchu. Pro náš případ je potom zvláště podstatná metoda smáčecích vah, která byla pro měření využívána. Třetí kapitola teoretického úvodu (Kapitola 2.3) je poté zaměřena na vnější i vnitřní faktory, které mohou ovlivnit smáčivost povrchů.

V Kapitole 2.4 jsou popsány konkrétní měřicí metody, které byly použity pro následná měření. Jednalo se o metody selektivního stripování a smáčecích vah, která byla použita pro přeměření tloušťky povrchových úprav. Takto naměřená data a výsledné hodnoty jsou poté porovnávány s daty, která nám byla poskytnuta výrobní firmou. Tloušťky povrchové úpravy zde byly změřeny na rentgenovém spektrometru. Výsledkem měření stripování bylo zjištění rozdílu mezi daty naměřenými spektrometrem a jednostupňovým stripérem. Rozdíl v datech je zapříčiněn schopností jednostupňového stripéru odstripovat jak vrstvu cínu tak i vrstvu intermetalickou. Podobné vlastnosti je dobře sledovatelné i u dvoustupňového stripéru kde první stripér odstripuje pouze vrstvu cínu a druhý stripér odstripuje právě intermetalickou vrstvu. Tento fakt je podložen i námi naměřenými daty uvedenými v Tabulce 4.2. Po stripování prvním stripérem byla odchylka od hodnot naměřených spektrometrem minimální a lišila se až po stripování druhým stripérem. Na základě tohoto faktu je možno sledovat zajímavý jev (pomocí dvoustupňového stripéru), závislosti tloušťky intermetalické vrstvy povrchové úpravy iverzního cínu na čase.

V Kapitole 3 se mimo jiné zabýváme i vytvořením návodu pro obsluhu námi používaného přístroje. Důvodem bylo vytvoření srozumitelného postupu obsluhy přístroje, pro budoucí studenty, kteří s přístrojem přijdou do styku během laboratorních úloh. Druhou částí této kapitoly je způsob výroby, kterým byly vzorky vyrobeny a příprava úvodního měření. V této části je zahrnuto i popsání norem, které budeme pro námi naměřená data používat.

Dominantní námi použitá metoda, byla metoda smáčecích vah. Díky ní jsme byli schopni změřit smáčivosti námi měřených vzorků. Metodika, která byla použita pro měření je popsána v kapitole 2.4.2. Jednalo se o zpracování naměřených dat a průběhy smáčecích charakteristik pro námi měřené povrchové úpravy. Pomocí tohoto měření jsme byli schopni sledovat zhoršení smáčecích charakteristik u měřených vzorků a sledovat vlivy oxidace, procesu stárnutí a růstu intermetalické vrstvy na vlastnosti těchto vzorků.

Se vzorky bylo pracováno pečlivě (v rukavicích a s pinzetou), aby nedošlo k jejich kontaminaci a vzorky byly před každým měřením pečlivě odmaštěny a vysušeny. I přes tato opatření, se u některých námi měřených vzorků vyskytly odchylky v datech. Tato skutečnost mohla být zapříčiněna, jak špatnou manipulací při výrobě, tak i technikou mechanické přípravy vzorků.

Samotné porovnání výsledků je zobrazeno v Kapitole 5. Zde byly zhodnoceny jak dosažené smáčivosti, tak i samotná úspěšnost povrchových úprav z hlediska norem. Nejlépe poté (z hlediska norem) obstála metoda povrchové úpravy ENIG, která byla měřena nad rámec našeho zadání. Bylo tak učiněno na základě požadavků dodavatelské firmy. Tato úprava dosahovala nejlepších výsledků, jak z hlediska smáčivosti, tak i z hlediska norem.

Pro povrchové úpravy imerzním cínem, které byly hlavní náplní této práce byly naměřeny poměrně vyhovující hodnoty smáčivosti, jak je možné vidět v Tabulce 5.1. I přes tuto skutečnost však vzorky z velké části nesplňují podmínky stanovené danými normami. Hlavním faktorem ovlivňující kvalitu těchto povrchových úprav jsou oxidace a růst intermetalické fáze. Tyto vady mohou ovlivňovat smáčivost až do bodu, kdy je povrchová úprava nevhodná pro pájení. Vliv těchto faktorů je viditelný zejména u vzorků DPS měřených po dvou měsících, kdy byly vlastnosti těchto desek značně zhoršeny.

Při měření vlivu procesu přetavení na povrchovou úpravu imerzním cínem, bylo zjištěno značné zhoršení smáčecích vlastností. Už po prvním průchodu byly měřené vzorky naprosto znehodnocené a nedosahovaly ani minimálních smáčecích charakteristik. Příčinou tohoto jevu byl růst intermetalické fáze. Toto zjištění zajímavým způsobem kontrastuje s praktickou aplikací, při které by měly být vzorky schopny udržet jistou hodnotu smáčivosti i po jednom průchodu pecí. DPS s tímto typem povrchové úpravy je nutno uchovávat za podmínek, při kterými lze předcházet nežádoucím vlivům (oxidace) a minimalizovat růst intermetalické fáze.

V dalším pokračování studentských prací by bylo vhodné zjistit příčinu rozkolísání naměřených dat. Inspirativním námětem by bylo využití dvoustupňového stripéru pro pozorování intermetalické fáze ne jenom u povrchové úpravy imerzním cínem. U metody smáčecích vah aplikovat tavidla VOC free s předehřevem a sledovat kompatibilitu s různými pájecími slitinami eventuelně i povrchovými úpravami.

# Literatura

- [1] *Povrchové úpravy desek plošných spojů. Aktuálně na DPS [online]. Copyright © 2021 DPS Elektronika od A do Z. [cit. 28-04-2021]. Dostupné z: <<https://www.dps-az.cz/vyroba/id:59606/z-aktualniho-vydani-povrchove-upravy-desek-plosnych-spoju>>*
- [2] *Surface Finish Technology - PCB Manufacturing Information -PCBway. China PCB Prototype & Fabrication Manufacturer - PCB Prototype the Easy Way [online]. Copyright © COPYRIGHT 2019[cit. 28.04.2021]. Dostupné z: <[https://www.pcbway.com/blog/PCB\\$\\$\\_Manufacturing\\$\\_\\$Information/Surface\\$\\$\\_Finish\\$\\$\\_Technology.html](https://www.pcbway.com/blog/PCB$$_Manufacturing$_$Information/Surface$$_Finish$$_Technology.html)>*
- [3] *5 Types of PCB Surface Finishes: Is One of Them Right for Your Project? - Gabrian International. Gabrian International | Aluminum Extrusions, CNC Machining, Die Casting & More [online]. Copyright © 2016 [cit. 28.04.2021]. Dostupné z: <<https://www.gabrian.com/5-types-of-pcb-surface-finishes-is-one-of-them-right-for-your-project/>>*
- [4] *STARÝ, J., KAHLE, P. Plošné spoje a povrchová montáž Elektronické skriptum Brno: FEKT VUT v Brně, 2003*
- [5] *H. Bell, Soldering, firemní literatura firmy REHM*
- [6] *STARÝ, Jiří. Laboratorní úloha č. 3 : Metoda smáčecích vah. In MMOT. [2006]. s. 17*
- [7] *Metoda smáčecích vah | SMTcentrum – služby v oblasti pájení. SMTcentrum.cz / Služby v oblasti pájení a povrchové montáže | SMTcentrum – služby v oblasti pájení [online]. Dostupné z: <<https://www.smtcentrum.cz/pajeny-spoj-pajitelnost/metoda-smacecich-vah/>>*
- [8] *ABEL, Martin. Bezolovnaté pájení v legislativě i praxi. 1. vyd. Pardubice: ABE.TEC, 2005, 179 s. ISBN 80-903-5970-1.*
- [9] *Ponořovací test | SMTcentrum – služby v oblasti pájení. SMTcentrum.cz / Služby v oblasti pájení a povrchové montáže | SMTcentrum – služby v oblasti pájení [online]. Dostupné z: <<https://www.smtcentrum.cz/pajeny-spoj-pajitelnost/ponorovaci-test/>>*
- [10] *WASSINK, R.J. Klein. Soldering in electronics: a comprehensive treatise on soldering technology for surface mounting and through-hole techniques. 2nd ed. Ayr, Scotland: Electrochemical Publications, 1989. ISBN 09-011-5024-X.*

- [11] *Kuličkový test / SMTcentrum – služby v oblasti pájení. SMTcentrum.cz / Služby v oblasti pájení a povrchové montáže / SMTcentrum – služby v oblasti pájení [online].* Dostupné z: <<https://www.smtcentrum.cz/pajeny-spoj-pajitelnost/kulicky-test/>>
- [12] *Test roztékavosti / SMTcentrum - služby v oblasti pájení. SMTcentrum.cz / Služby v oblasti pájení a povrchové montáže / SMTcentrum – služby v oblasti pájení [online].* Dostupné z: <<https://www.smtcentrum.cz/pajeny-spoj-pajitelnost/test-roztekavosti/>>
- [13] *ILLÉS, Balázs, Agata SKWAREK, Jacek RATAJCZAK, Karel DUŠEK a David BUŠEK. The influence of the crystallographic structure of the intermetallic grains on tin whisker growth. Journal of Alloys and Compounds. 2019, 785, 774-780. ISSN 09258388.* Dostupné z: doi:10.1016/j.jallcom.2019.01.247
- [14] *Lamprecht, Sven & Hans-Jürgen, & Schreier, Roland & Vogel, Roland. Ageing Characteristics of Immersion Tin Surface Finishes. [online]. 2021 [cit. 2021-4-28].* Dostupné z: <[https://www.researchgate.net/publication/265873755\\_Ageing\\_Characteristics\\_of\\_Immersion\\_Tin\\_Surface\\_Finishes](https://www.researchgate.net/publication/265873755_Ageing_Characteristics_of_Immersion_Tin_Surface_Finishes)>
- [15] *ÖZKÖK, Mustafa, Joe MCGURRAN, Hugh ROBERTS, Kenneth LEE a Guenter HEINZ. Corrosion Resistance of Different PCB Surface Finishes in Harsh Environments. SMTnet [online]. 2012 [cit. 2021-4-28].* Dostupné z: <<https://smtnet.com/library/files/upload/PCB-corrosion-resistance.pdf>>
- [16] *KESTER 979 [online] [cit 5. listopadu 2015]* Dostupné z <<http://www.amtech.cz/pdf/pajeci-materialy/979.pdf>>
- [17] *Surface treatment - Atotech. Atotech - Leading Plating Technologies [online].* Dostupné z: <<https://www.atech.com/products/electronics/surface-treatment/>>
- [18] *COLIN, L. Quantitative Solderability Measurement of Electronic Components Parts 1-6. Luxembourg - Brussels: Commission of the European Communities, 1991.*
- [19] *KLEIN WASSINK, R. J. SOLDERING IN ELECTRONICS. Great Britain: The Anchor Press, 1984.*

# Seznam obrázků

2.1	Povrchová úprava HASL [2]	11
2.2	Povrchová úprava OSP [2]	12
2.3	Povrchová úprava ENIG [1][2]	13
2.4	Povrchová úprava imerzním cínemL [1][2]	14
2.5	Požadavek na tloušťku imerzního cínu[5]	15
2.6	Rozdělení smáčivosti dle smáčecích úhlů [6]	17
2.7	Metoda smáčecích vah [7]	18
2.8	Různé časové průběhy závislostí smáčecích sil [7]	18
2.9	Průběh kuličkového testu [11]	20
2.10	Princip testu roztékavosti [12]	20
2.11	Zobrazení whiskeru pod elektronovým mikroskopem [13]	22
2.12	Výsledky odolnosti vůči korozi [15]	23
3.1	Povrchově upravený drát	27
3.2	Tavidlo X33s-07i	27
3.3	Popis smáčivostní charakteristiky	28
3.4	Tvorba nového projektu	31
3.5	Okno pro nastavení parametrů měření	31
3.6	Otevření krytu meniskografu	32
3.7	Držák	32
3.8	Držák v meniskografu	32
3.9	Ikona pro zapnutí měření	33
3.10	Okno pro validování výsledků	33
3.11	Okno pro další měření	34
3.12	Záložka Display	34
3.13	Exportování dat	35
4.1	Vzorky měděného drátu s povrchovou úpravou imerzním Sn	36
4.2	Průměr vzorků 0,7 $\mu\text{m}$ bez stárnutí	37
4.3	Průměr vzorků 0,7 $\mu\text{m}$ se stárnutím	37
4.4	Průměr vzorků 1 $\mu\text{m}$ bez stárnutím	38
4.5	Průměr vzorků 1 $\mu\text{m}$ se stárnutím	39
4.6	Průměr vzorků 1,27 $\mu\text{m}$ bez stárnutím	39
4.7	Průměr vzorků 1,27 $\mu\text{m}$ se stárnutím	40
4.8	Průměr vzorků 0,7 $\mu\text{m}$ bez stárnutí po dvou měsících	41
4.9	Průměr vzorků 0,7 $\mu\text{m}$ se stárnutím po dvou měsících	42
4.10	Průměr vzorků 1 $\mu\text{m}$ bez stárnutí po dvou měsících	43
4.11	Průměr vzorků 1 $\mu\text{m}$ se stárnutím po dvou měsících	43
4.12	Průměr vzorků 1,27 $\mu\text{m}$ bez stárnutí po dvou měsících	44



4.13	Průměr vzorků 1,27 $\mu\text{m}$ se stárnutím po dvou měsících . . . . .	45
4.14	Průměr vzorků desky 1 $\mu\text{m}$ bez stárnutí po výrobě . . . . .	46
4.15	Průměr vzorků desky 1 $\mu\text{m}$ se stárnutím po výrobě . . . . .	46
4.16	Průměr vzorků desky 1,3 $\mu\text{m}$ bez stárnutí po výrobě . . . . .	47
4.17	Průměr vzorků desky 1,3 $\mu\text{m}$ se stárnutím po výrobě . . . . .	48
4.18	Průměr vzorků desky 1 $\mu\text{m}$ bez stárnutí po dvou měsících . . . . .	49
4.19	Průměr vzorků desky 1 $\mu\text{m}$ se stárnutím po dvou měsících . . . . .	49
4.20	Průměr vzorků desky 1,3 $\mu\text{m}$ bez stárnutí po dvou měsících . . . . .	50
4.21	Průměr vzorků desky 1,3 $\mu\text{m}$ se stárnutím po dvou měsících . . . . .	51
4.22	Průměr vzorků 1 $\mu\text{m}$ bez stárnutí druhého měření po výrobě . . . . .	52
4.23	Průměr vzorků 1 $\mu\text{m}$ se stárnutím druhého měření po výrobě . . . . .	52
4.24	Průměr vzorků 1,3 $\mu\text{m}$ bez stárnutí druhého měření po výrobě . . . . .	53
4.25	Průměr vzorků 1,3 $\mu\text{m}$ se stárnutím druhého měření po výrobě . . . . .	54
4.26	Drát s povrchovou úpravou imerzním stříbrem . . . . .	54
4.27	Průměr vzorků 0,1 - 0,2 $\mu\text{m}$ imerzního stříbra bez stárnutí . . . . .	55
4.28	Průměr vzorků 0,1 - 0,2 $\mu\text{m}$ imerzního stříbra se stárnutím . . . . .	56
4.29	Průměr vzorků 0,6 - 0,7 $\mu\text{m}$ imerzního stříbra bez stárnutí . . . . .	57
4.30	Průměr vzorků 0,6 - 0,7 $\mu\text{m}$ imerzního stříbra se stárnutím . . . . .	57
4.31	Deska s povrchovou úpravou imerzním stříbrem . . . . .	58
4.32	Průměr vzorků 0,1 - 0,2 $\mu\text{m}$ imerzního stříbra bez stárnutí . . . . .	59
4.33	Průměr vzorků 0,1 - 0,2 $\mu\text{m}$ imerzního stříbra se stárnutím . . . . .	59
4.34	Průměr vzorků 0,6 - 0,7 $\mu\text{m}$ imerzního stříbra bez stárnutí . . . . .	60
4.35	Průměr vzorků 0,6 - 0,7 $\mu\text{m}$ imerzního stříbra se stárnutím . . . . .	61
4.36	Drát s povrchovou úpravou ENIG . . . . .	61
4.37	Průměr vzorků 0,02 $\mu\text{m}$ ENIG bez stárnutí . . . . .	62
4.38	Průměr vzorků 0,02 $\mu\text{m}$ ENIG se stárnutím . . . . .	62
4.39	Průměr vzorků 0,03 $\mu\text{m}$ ENIG bez stárnutí . . . . .	63
4.40	Průměr vzorků 0,03 $\mu\text{m}$ ENIG se stárnutím . . . . .	64
4.41	Deska s povrchovou úpravou ENIG . . . . .	64
4.42	Průměr vzorků 0,02 $\mu\text{m}$ ENIG bez stárnutí . . . . .	65
4.43	Průměr vzorků 0,02 $\mu\text{m}$ ENIG se stárnutím . . . . .	66
4.44	Průměr vzorků 0,03 $\mu\text{m}$ ENIG bez stárnutí . . . . .	66
4.45	Průměr vzorků 0,03 $\mu\text{m}$ ENIG se stárnutím . . . . .	67
4.46	Sonda pro nastavení parametrů teplotního profilu . . . . .	68
4.47	Vzorky připravené na průchod pecí . . . . .	68
4.48	Vzorky během průchodu pecí . . . . .	68
4.49	Přetavovací pec . . . . .	68
4.50	Průměr vzorků 1 $\mu\text{m}$ imerzního cínu po jednom průchodu pecí . . . . .	69
4.51	Průměr vzorků 1,3 $\mu\text{m}$ imerzního cínu po jednom průchodu pecí . . . . .	70

4.52	Průměr vzorků 1 $\mu\text{m}$ imerzního cínu po dvou průchodech pecí . . . .	70
4.53	Průměr vzorků 1,3 $\mu\text{m}$ imerzního cínu po dvou průchodech pecí . . . .	71
4.54	Průměr vzorků 1 $\mu\text{m}$ imerzního cínu po třech průchodech pecí . . . .	72
4.55	Průměr vzorků 1,3 $\mu\text{m}$ imerzního cínu po třech průchodech pecí . . . .	72
4.56	Jednostupňový stripér . . . . .	73
4.57	Dvoustupňový stripér . . . . .	73
4.58	Příprava na proces stripování . . . . .	74
4.59	Vzorky v jednostupňovém stripéru . . . . .	74
4.60	Vzorky ve stripéru TS 1000 . . . . .	75
5.1	Porovnání zprůměrovaných smáčivostí povrchové úpravy měděného drátu imerzním cínem . . . . .	79
5.2	Porovnání zprůměrovaných smáčivostí povrchové úpravy měděného drátu imerzním stříbrem a ENIG . . . . .	80
5.3	Porovnání zprůměrovaných smáčivostí různých povrchových úprav vzorků desek plošných spojů . . . . .	81

## Seznam tabulek

4.1	Hodnoty stripování jednostupňovým stripérem . . . . .	76
4.2	Hodnoty stripování dvoustupňovým stripérem . . . . .	77
5.1	Zhodnocení úspěšnosti povrchových úprav dle norem . . . . .	82

## Seznam symbolů a zkratek

<b>TS</b>	TinSolv
<b>DPS</b>	deska plošného spoje
<b>HASL</b>	Hot Air Solder Leveling
<b>OSP</b>	Organic Solderability Preservative
<b>ENIG</b>	Electroless Nickel/Immersion Gold
<b>IPC</b>	Institute for Printed Circuits
<b>IEC</b>	the International Electrotechnical Commission
<b>SMD</b>	Surface Mount Device
<b>VOC free</b>	Volatile Organic Compound free (bez organických těkavých látek)

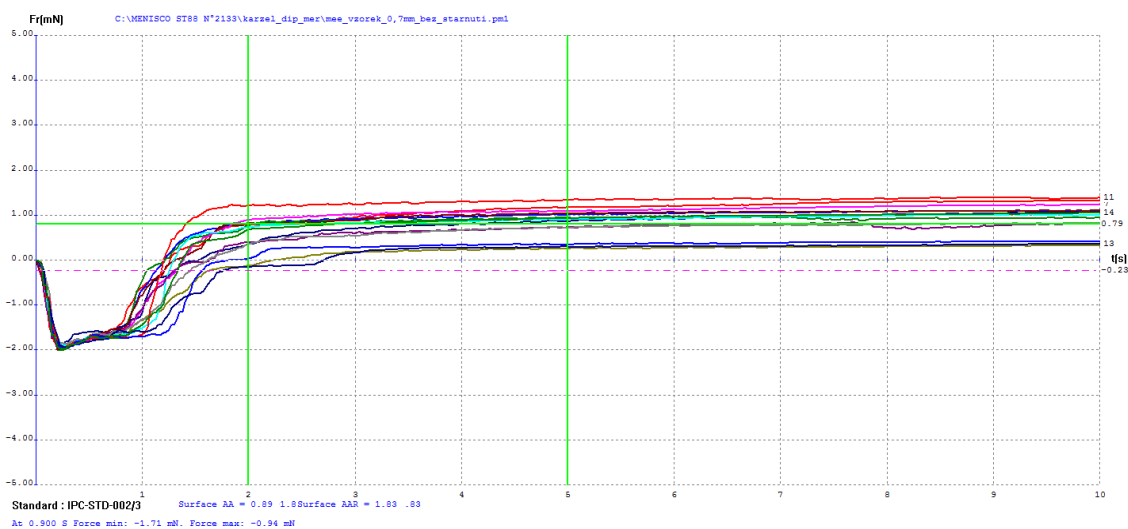
## Seznam příloh

A	Naměřené průběhy jednotlivých vzorků . . . . .	94
B	MENISCO ST88 . . . . .	117
C	Stannatech 2000 . . . . .	119
D	Tavidlo X33s-07i . . . . .	142
E	Teplotní profil pro průchod přetavovací pecí . . . . .	145
F	Stripovací roztok TS 1000 . . . . .	147
G	Stripovací roztok TS Omega . . . . .	151

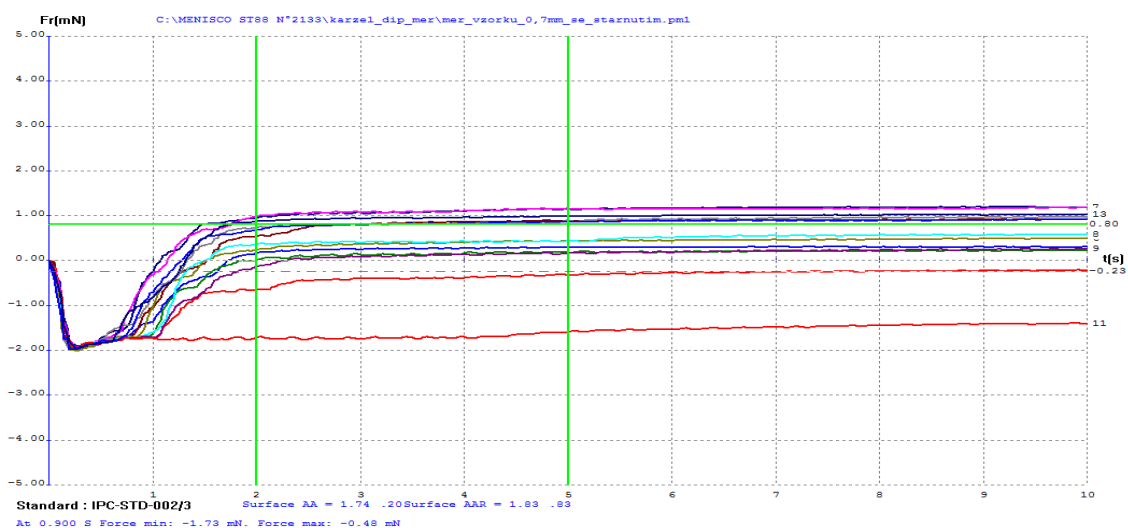
## A Naměřené průběhy jednotlivých vzorků

V této kapitole je možno najít naměřené průběhy všech naměřených hodnot. V samostatné práci jsou pak použity pouze jejich zprůměrované hodnoty pro dosažení větší přehlednosti.

### Sn drát 0,7 $\mu\text{m}$ po výrobě první měření

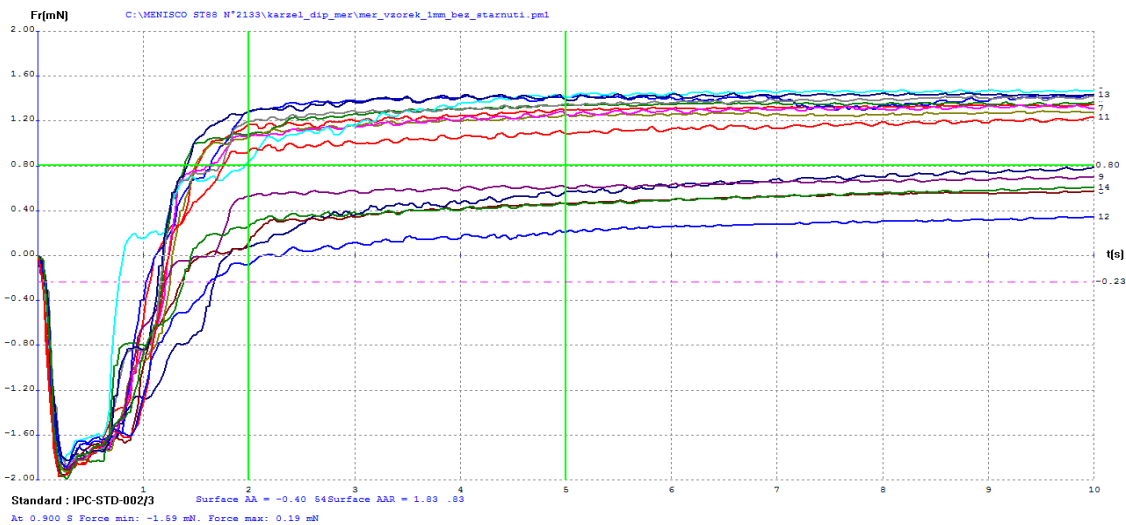


Obr. A.1: Průběhy vzorků 0,7  $\mu\text{m}$  bez stárnutí

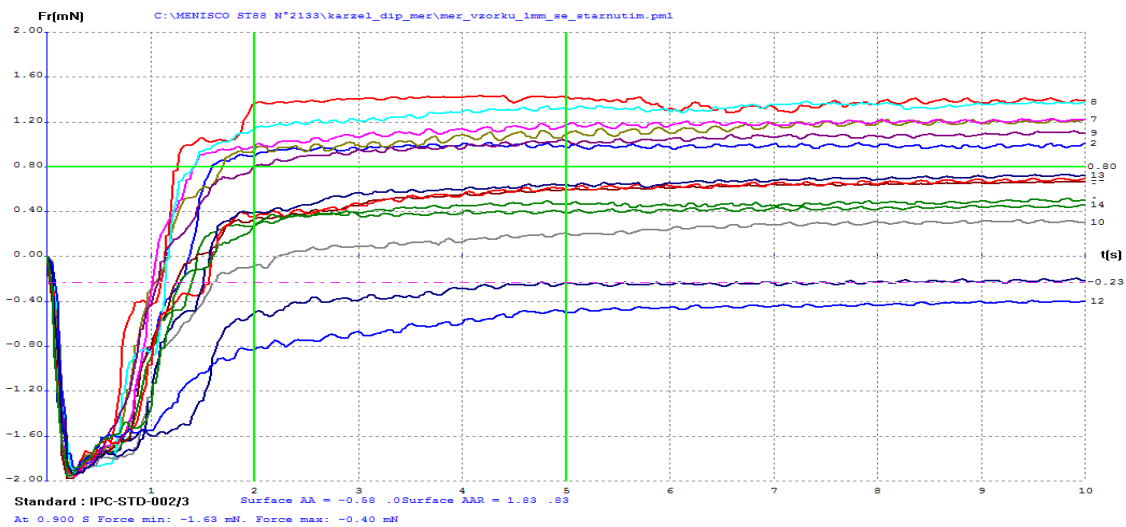


Obr. A.2: Průběhy vzorků 0,7  $\mu\text{m}$  se stárnutím

## Sn drát 1 $\mu\text{m}$ po výrobě první měření

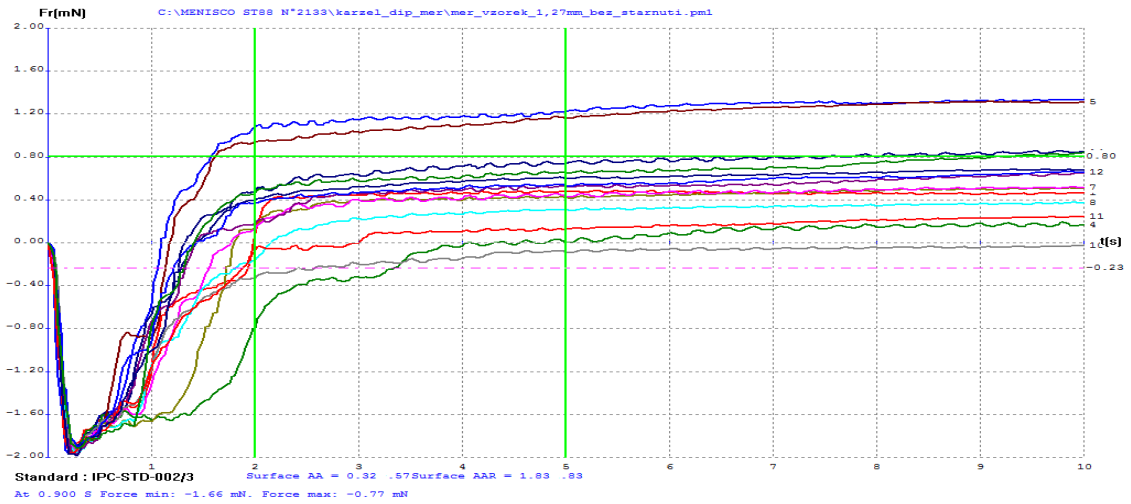


Obr. A.3: Průběhy vzorků 1  $\mu\text{m}$  bez stárnutí

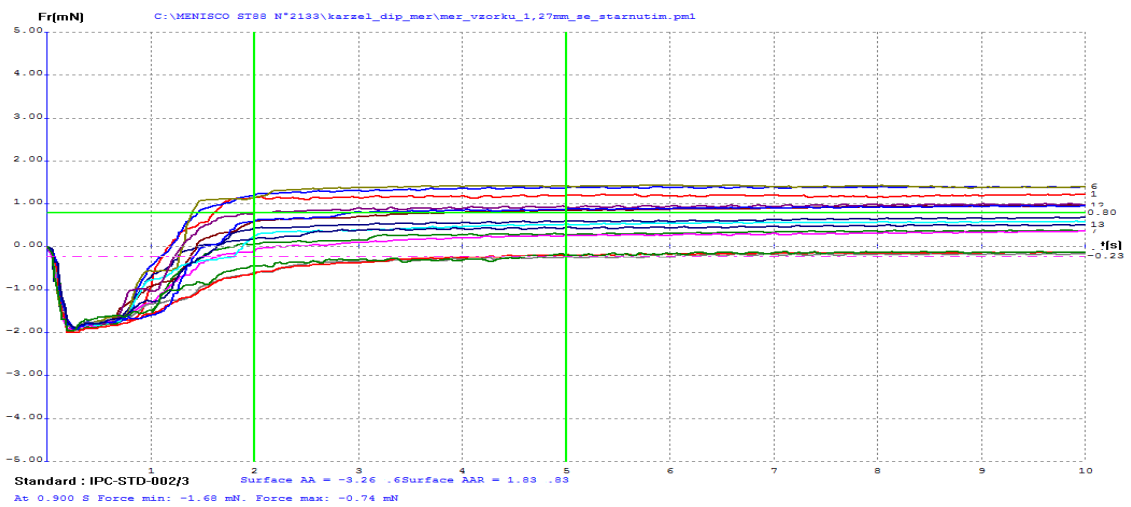


Obr. A.4: Průběhy vzorků 1  $\mu\text{m}$  se stárnutím

## Sn drát 1,3 $\mu\text{m}$ po výrobě první měření



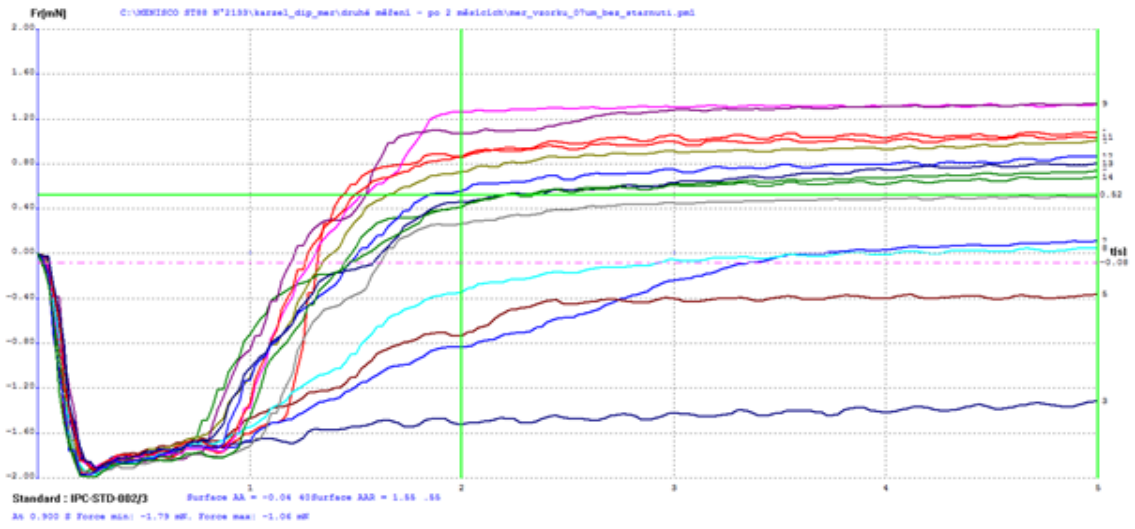
Obr. A.5: Průběhy vzorků 1,27  $\mu\text{m}$  bez stárnutí



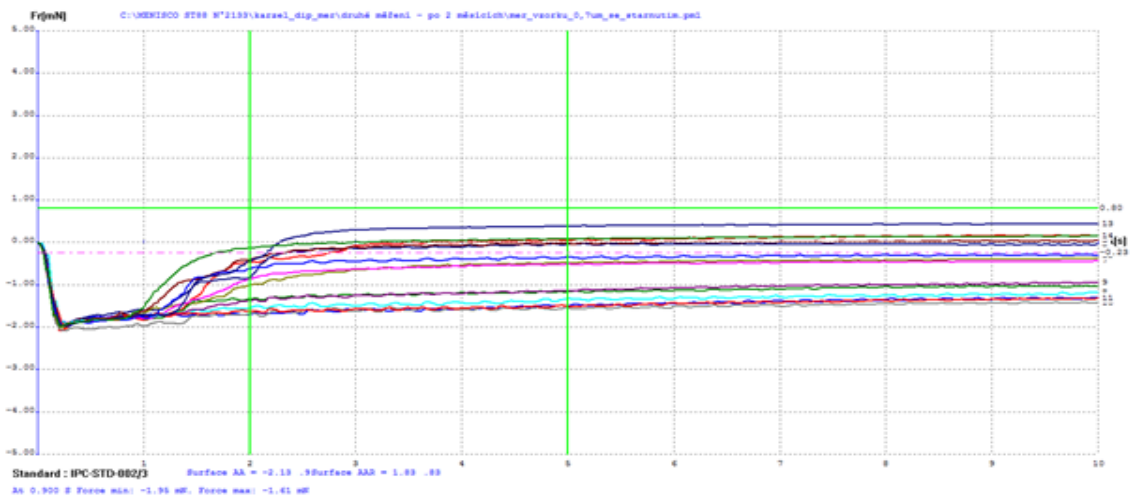
Obr. A.6: Průběhy vzorků 1,27  $\mu\text{m}$  se stárnutím



## Sn drát 0,7 $\mu\text{m}$ po dvou měsících

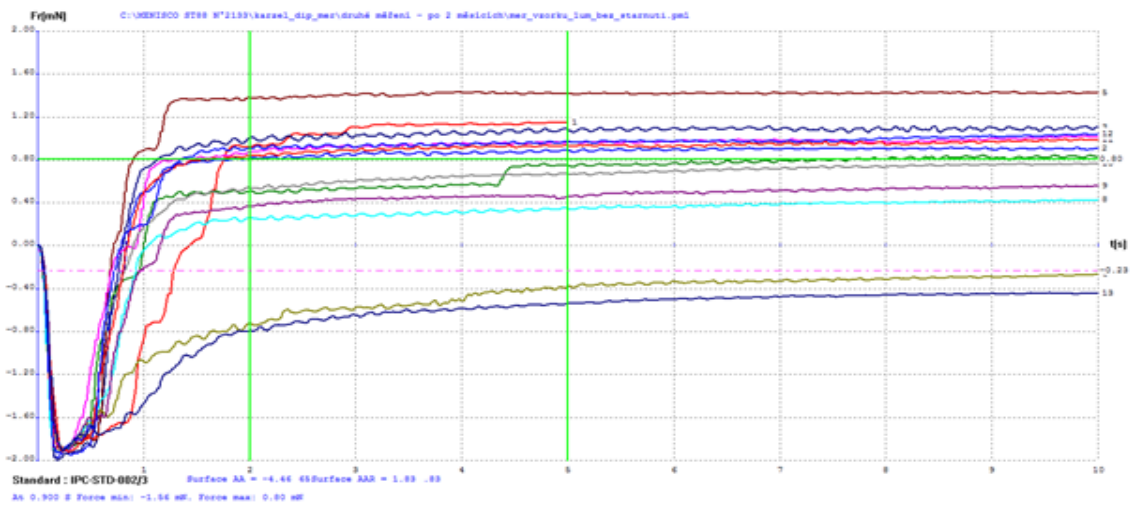


Obr. A.7: Průběhy vzorků 0,7  $\mu\text{m}$  bez stárnutí po dvou měsících

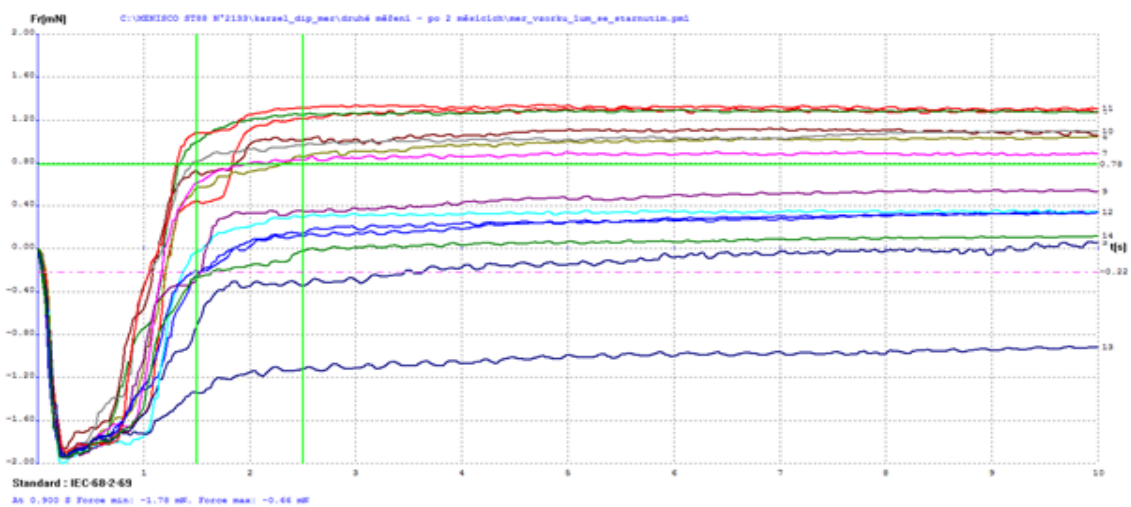


Obr. A.8: Průběhy vzorků 0,7  $\mu\text{m}$  se stárnutím po dvou měsících

## Sn drát 1 $\mu\text{m}$ po dvou měsících

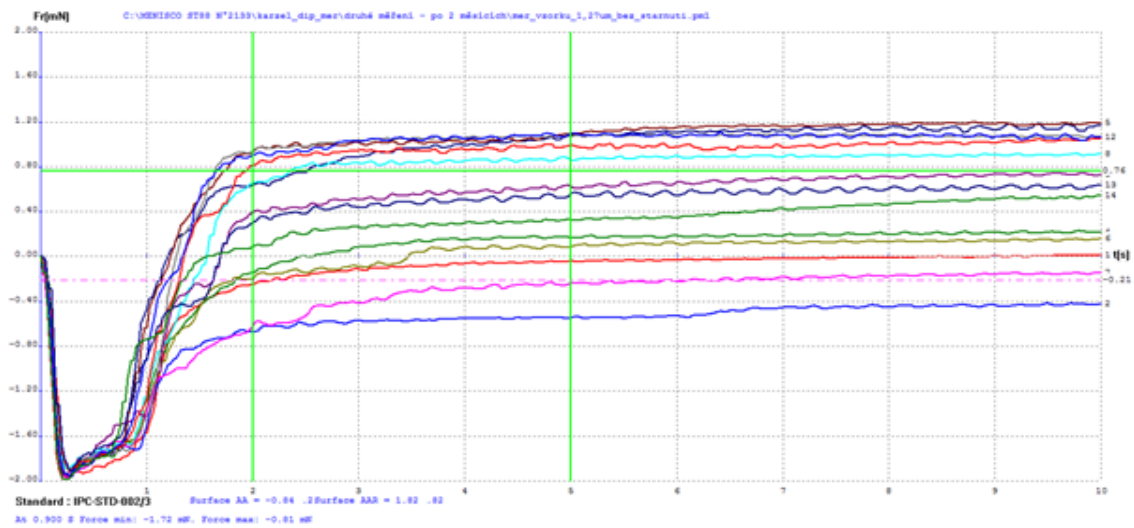


Obr. A.9: Průběhy vzorků 1  $\mu\text{m}$  bez stárnutí po dvou měsících

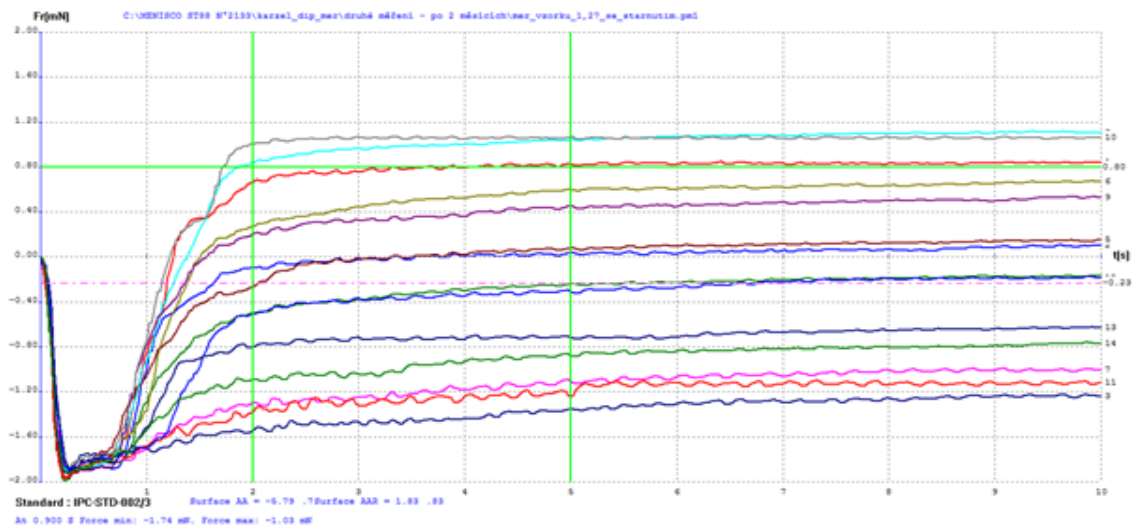


Obr. A.10: Průběhy vzorků 1  $\mu\text{m}$  se stárnutím po dvou měsících

## Sn drát 1,27 $\mu\text{m}$ po dvou měsících

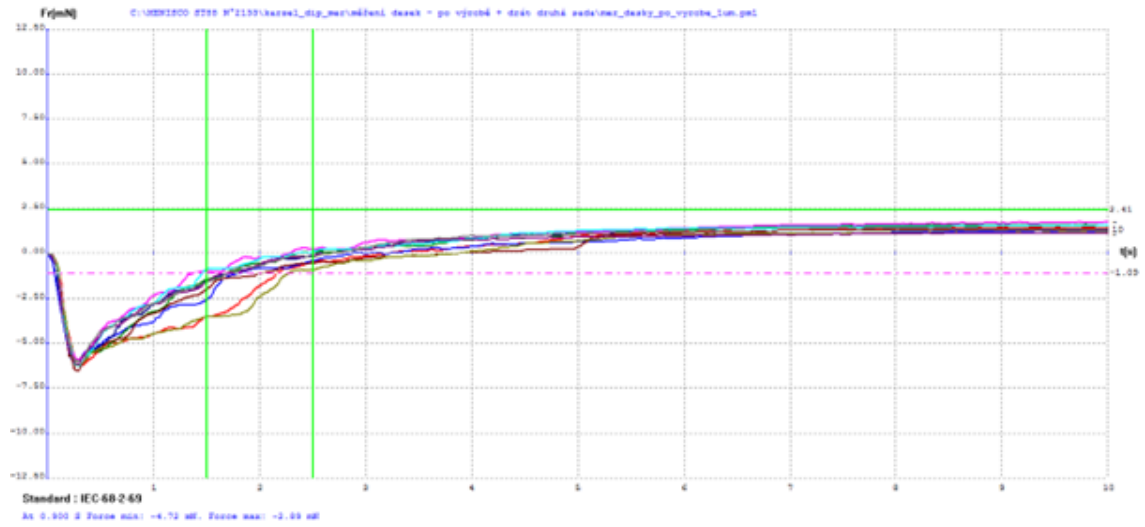


Obr. A.11: Průběhy vzorků 1,27  $\mu\text{m}$  bez stárnutí po dvou měsících

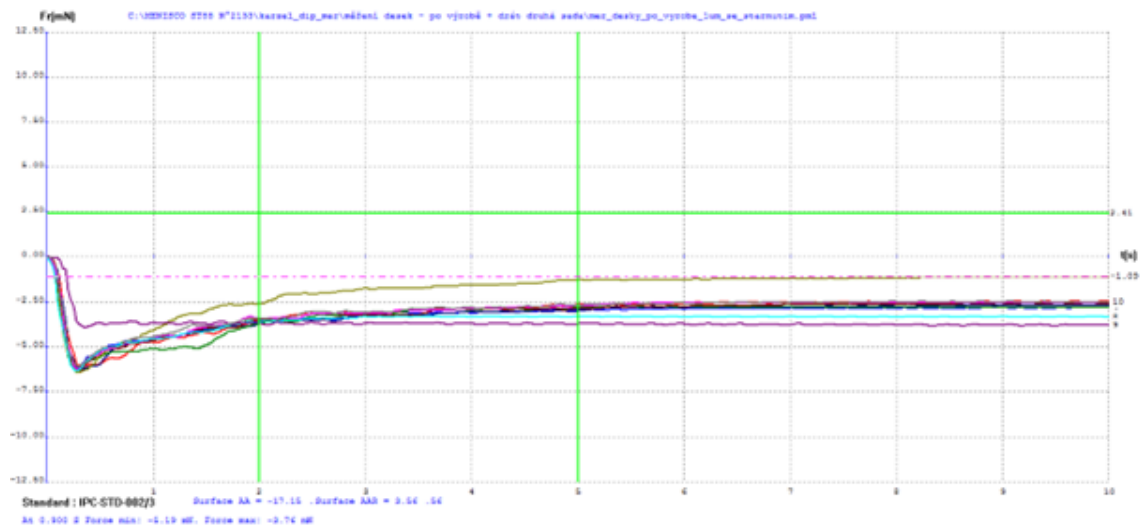


Obr. A.12: Průběhy vzorků 1,27  $\mu\text{m}$  se stárnutím po dvou měsících

## Sn deska 1 $\mu\text{m}$ po výrobě

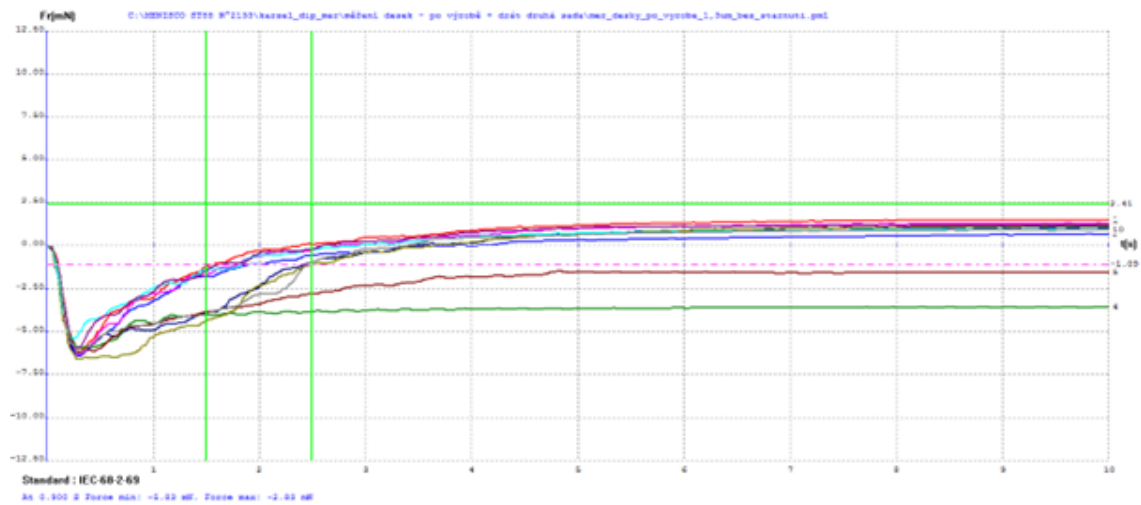


Obr. A.13: Průběhy vzorků desky 1  $\mu\text{m}$  bez stárnutí po výrobě

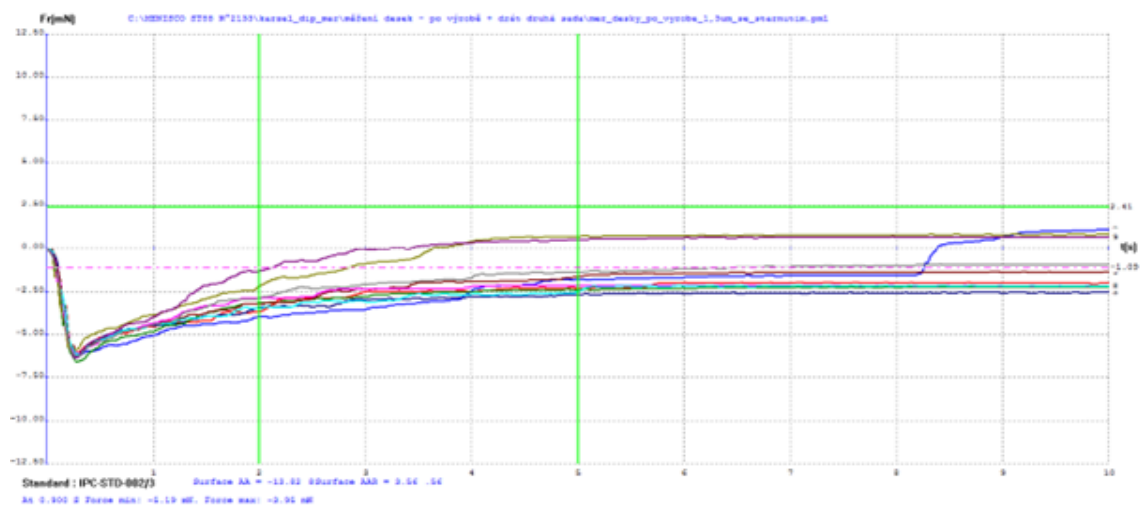


Obr. A.14: Průběhy vzorků desky 1  $\mu\text{m}$  se stárnutím po výrobě

## Sn deska 1,3 $\mu\text{m}$ po výrobě

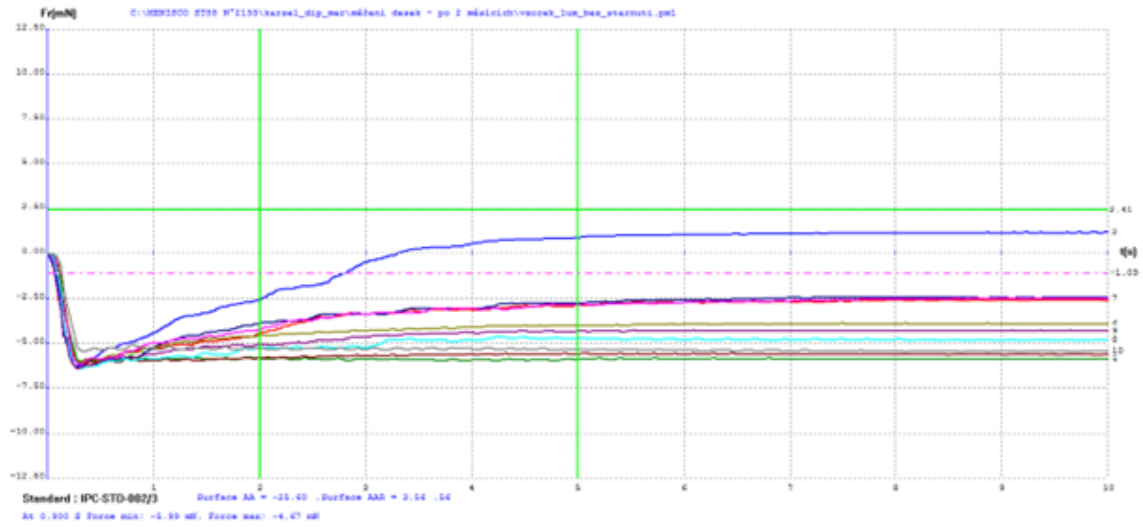


Obr. A.15: Průběhy vzorků desky 1,3  $\mu\text{m}$  bez stárnutí po výrobě

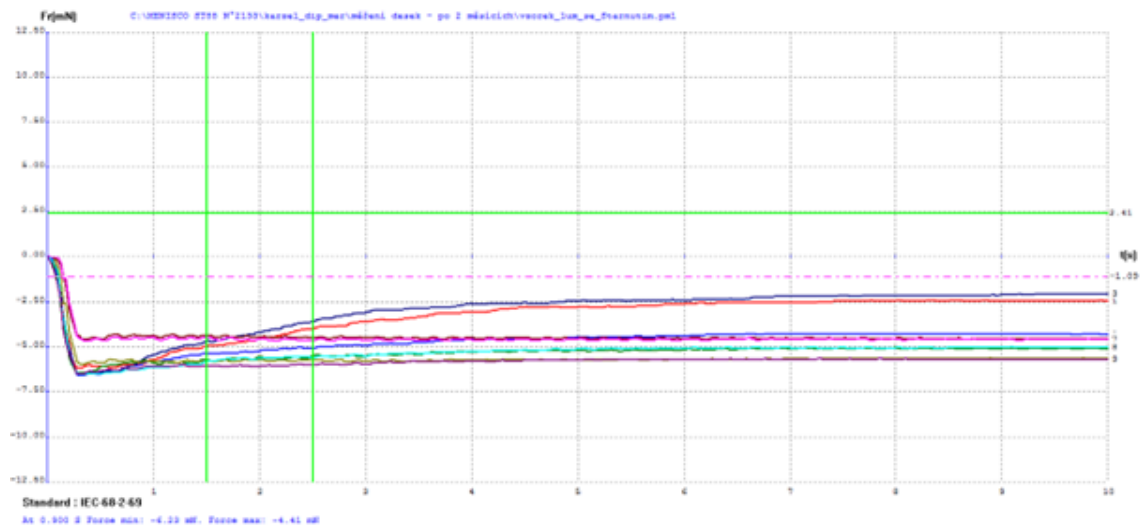


Obr. A.16: Průběhy vzorků desky 1,3  $\mu\text{m}$  se stárnutím po výrobě

## Sn deska 1 $\mu\text{m}$ po dvou měsících

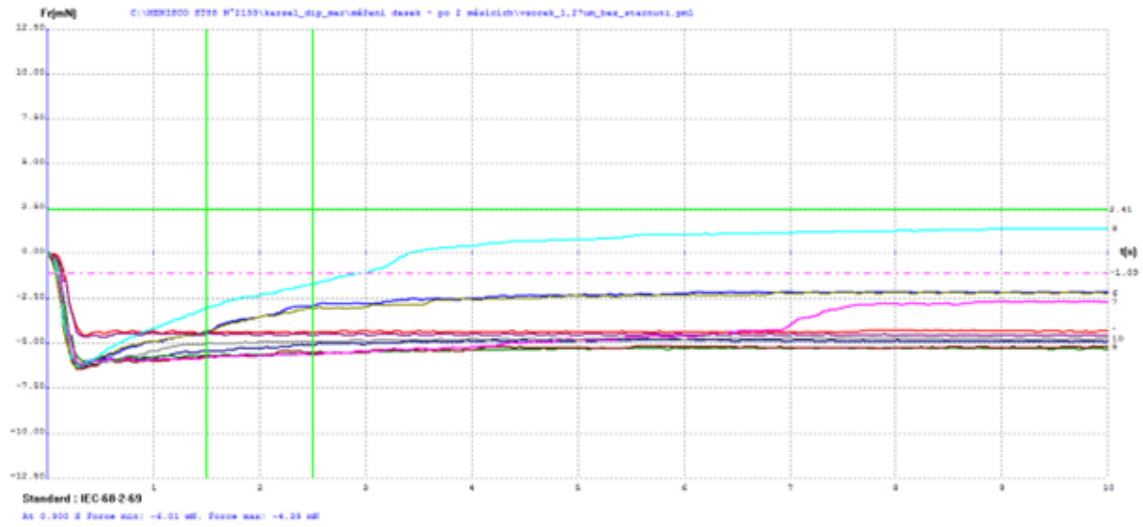


Obr. A.17: Průběhy vzorků desky 1  $\mu\text{m}$  bez stárnutí po dvou měsících

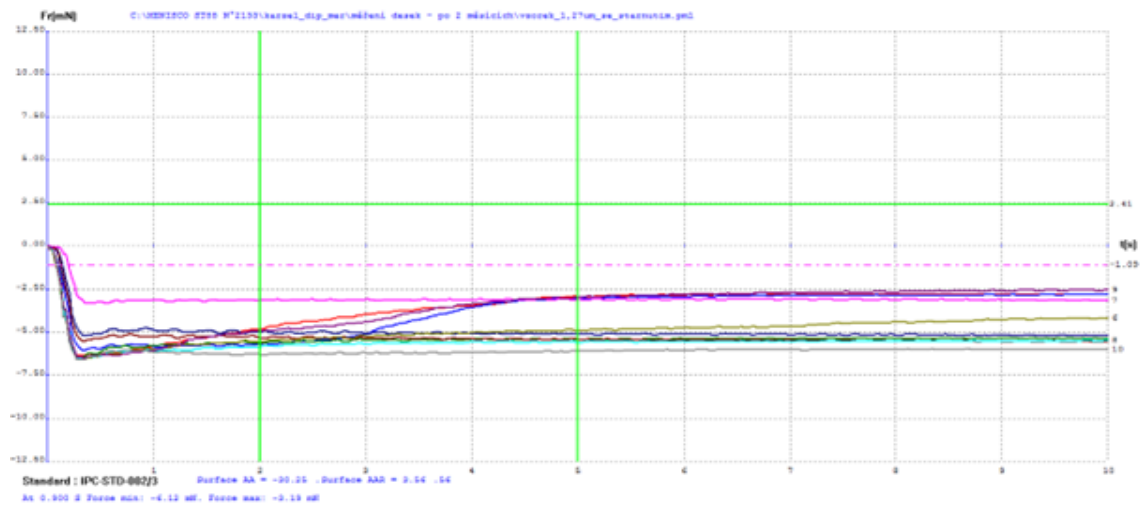


Obr. A.18: Průběhy vzorků desky 1  $\mu\text{m}$  se stárnutím po dvou měsících

## Sn deska 1,3 $\mu\text{m}$ po dvou měsících

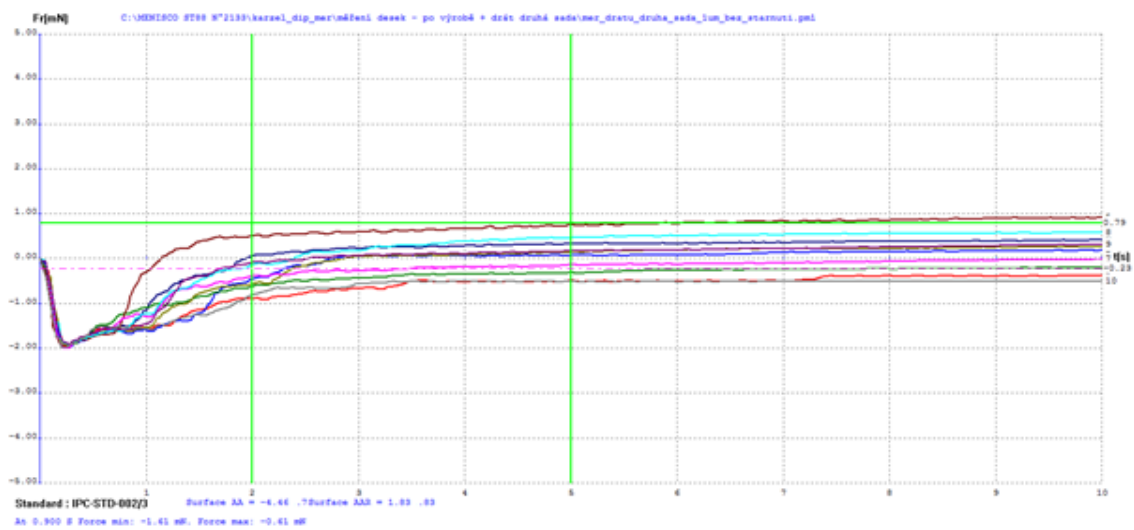


Obr. A.19: Průběhy vzorků desky 1,3  $\mu\text{m}$  bez stárnutí po dvou měsících

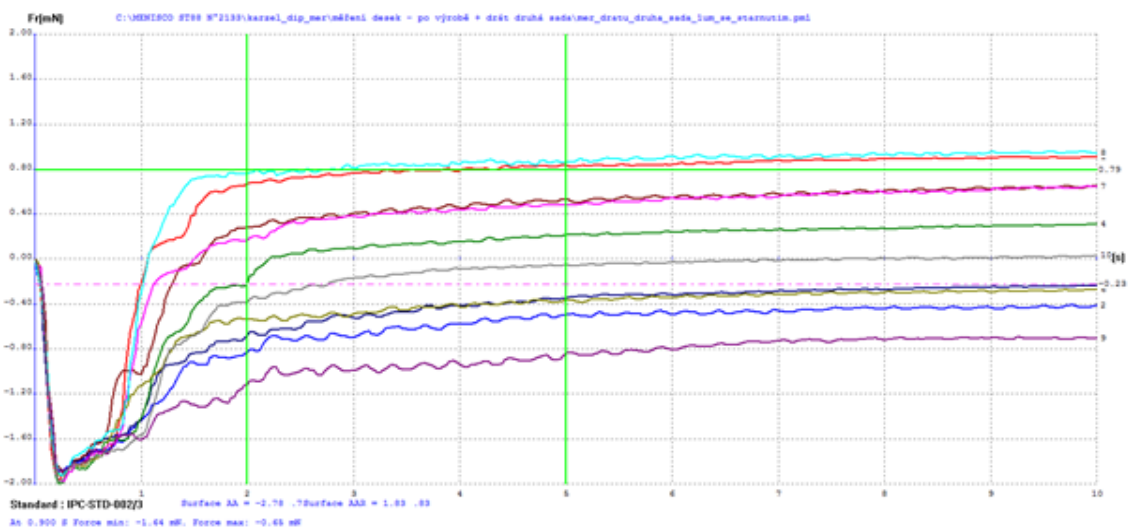


Obr. A.20: Průběhy vzorků desky 1,3  $\mu\text{m}$  se stárnutím po dvou měsících

## Sn drát 1 $\mu\text{m}$ po výrobě druhé měření



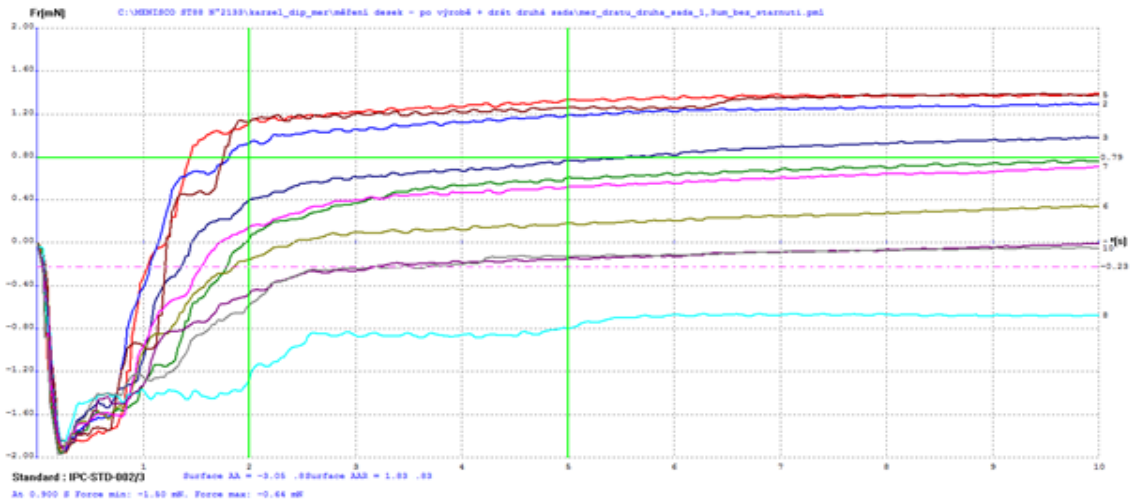
Obr. A.21: Průběhy vzorků 1  $\mu\text{m}$  bez stárnutí druhého měření po výrobě



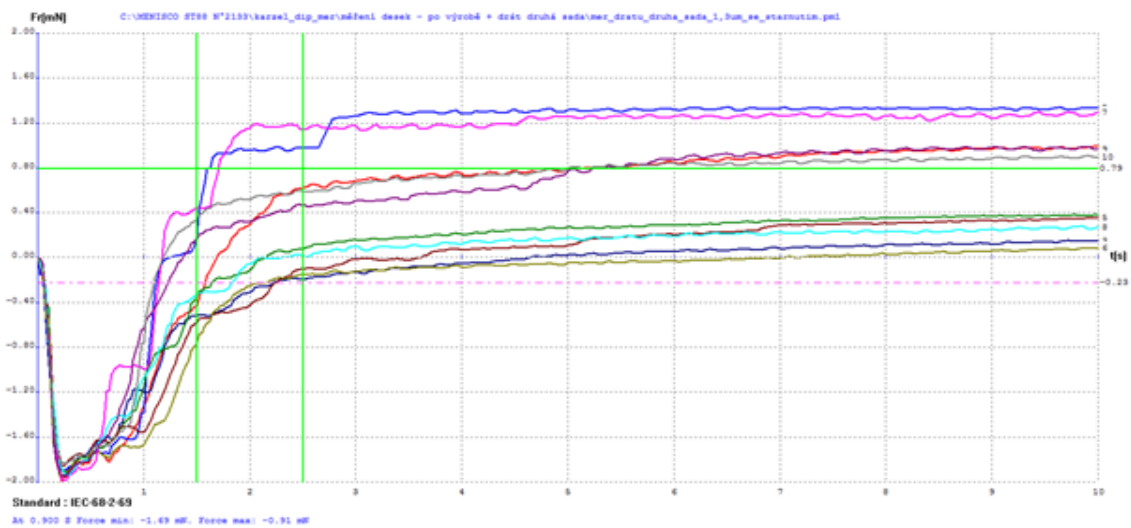
Obr. A.22: Průběhy vzorků 1  $\mu\text{m}$  se stárnutím druhého měření po výrobě



## Sn drát 1 $\mu\text{m}$ po výrobě druhé měření

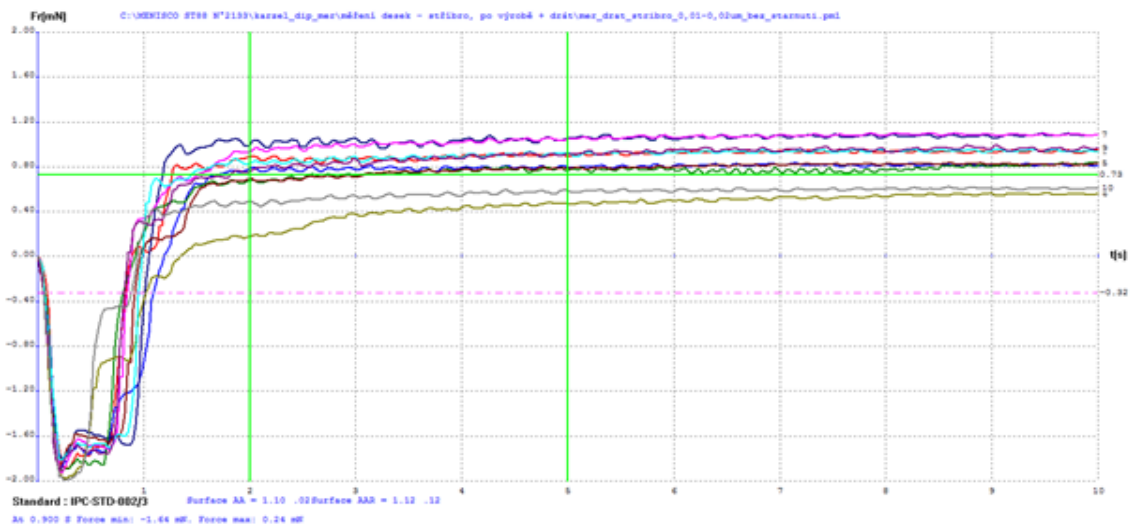


Obr. A.23: Průběhy vzorků 1,3  $\mu\text{m}$  bez stárnutí druhého měření po výrobě

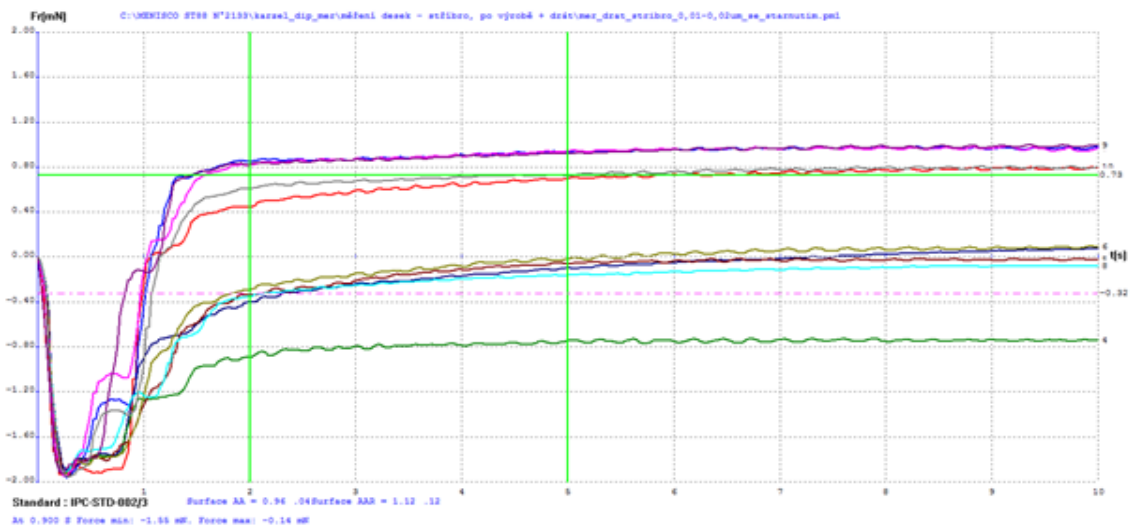


Obr. A.24: Průběhy vzorků 1,3  $\mu\text{m}$  se stárnutím druhého měření po výrobě

## Ag drát 0,1 - 0,2 $\mu\text{m}$ po výrobě

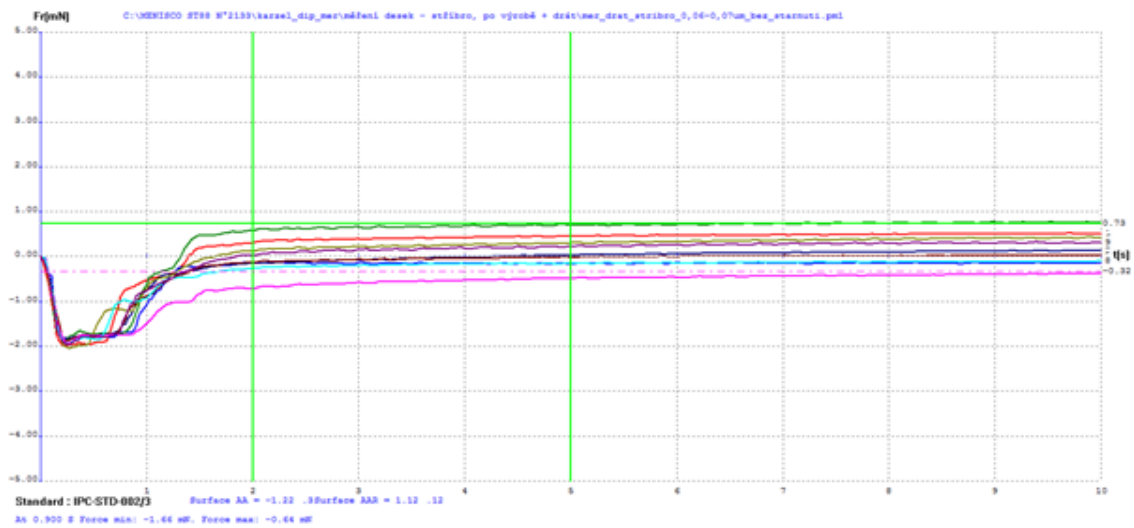


Obr. A.25: Průběhy vzorků 0,1 - 0,2  $\mu\text{m}$  imerzního stříbra bez stárnutí

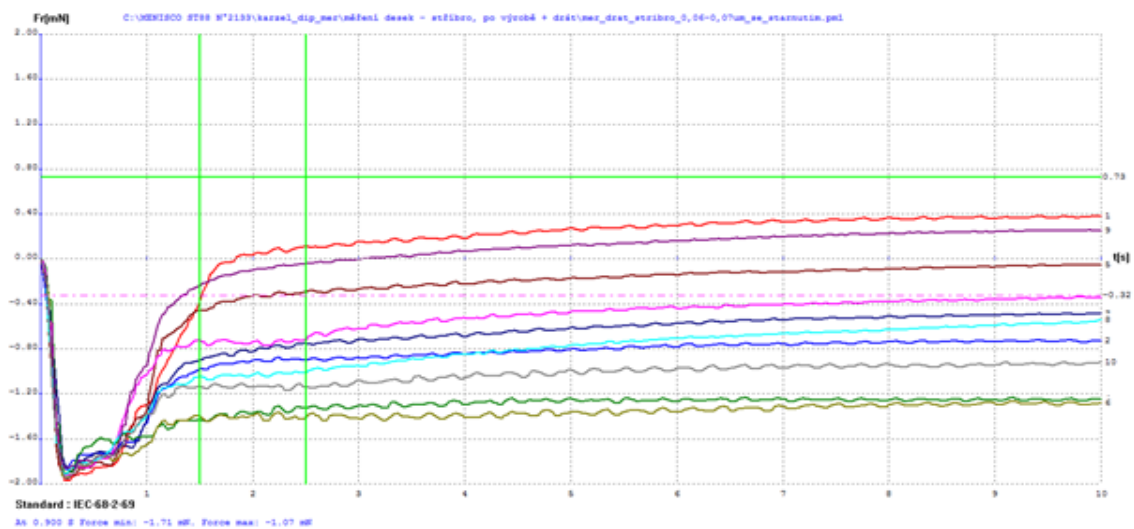


Obr. A.26: Průběhy vzorků 0,1 - 0,2  $\mu\text{m}$  imerzního stříbra se stárnutím

## Ag drát 0,6 - 0,7 $\mu\text{m}$ po výrobě

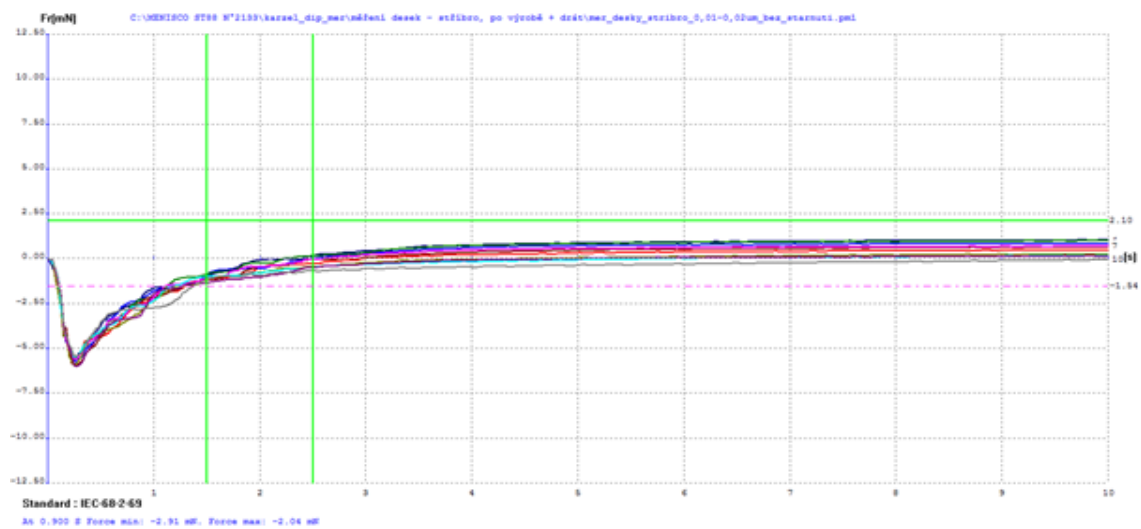


Obr. A.27: Průběhy vzorků 0,6 - 0,7  $\mu\text{m}$  imerzního stříbra bez stárnutí

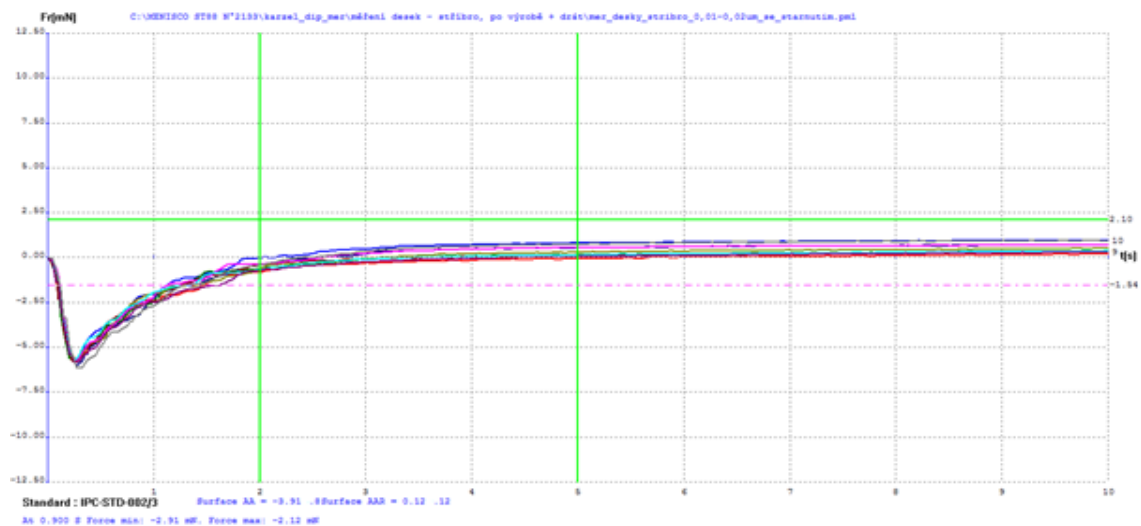


Obr. A.28: Průběhy vzorků 0,6 - 0,7  $\mu\text{m}$  imerzního stříbra se stárnutím

## Ag deska 0,1 - 0,2 $\mu\text{m}$ po výrobě

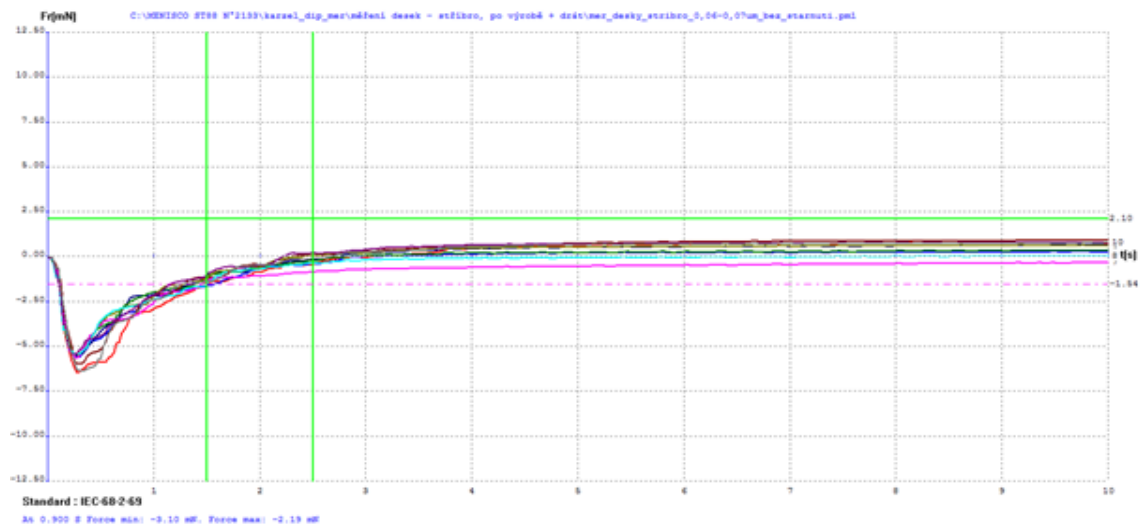


Obr. A.29: Průběhy vzorků 0,1 - 0,2  $\mu\text{m}$  imerzního stříbra bez stárnutí

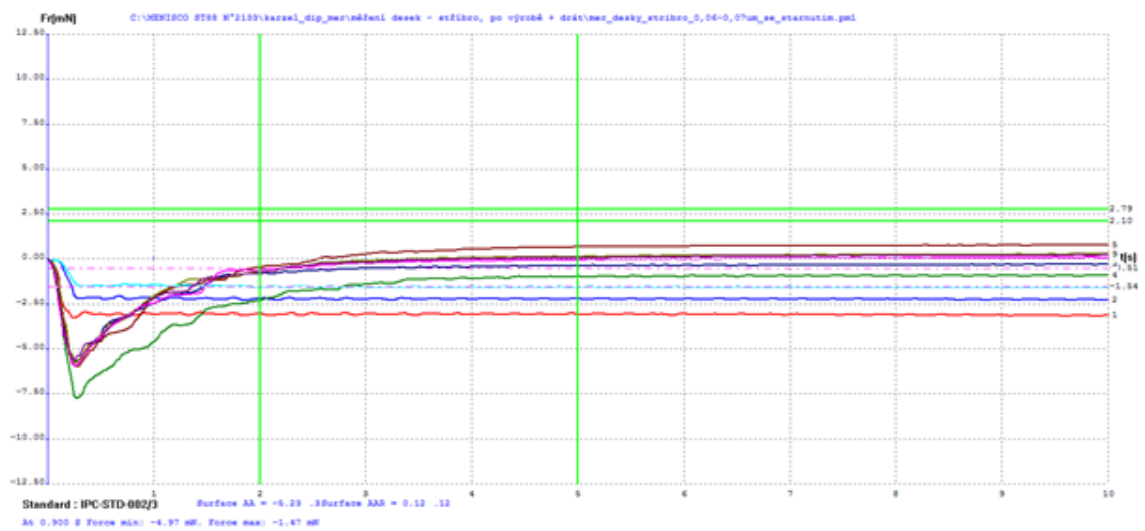


Obr. A.30: Průběhy vzorků 0,1 - 0,2  $\mu\text{m}$  imerzního stříbra se stárnutím

## Ag deska 0,6 - 0,7 $\mu\text{m}$ po výrobě

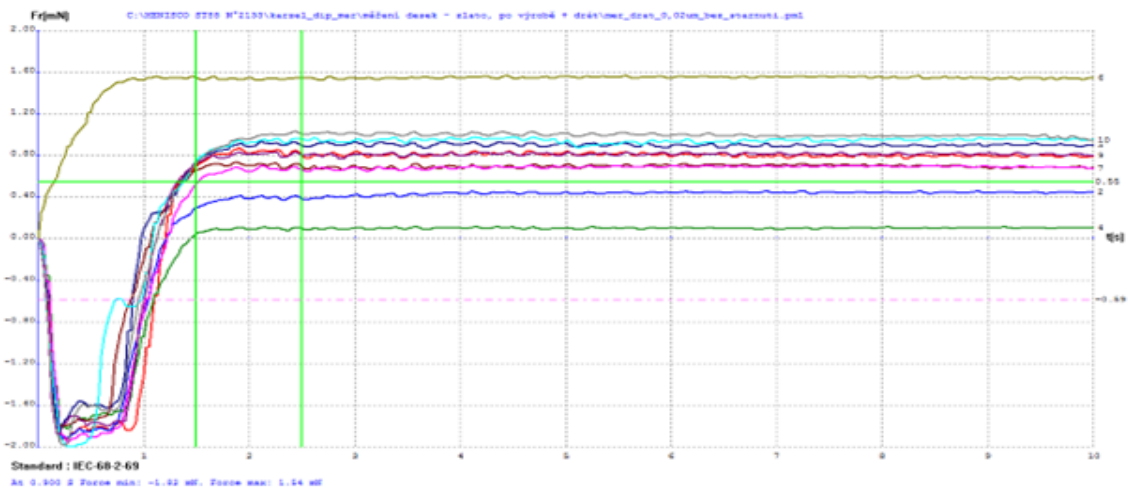


Obr. A.31: Průběhy vzorků 0,6 - 0,7  $\mu\text{m}$  imerzního stříbra bez stárnutí

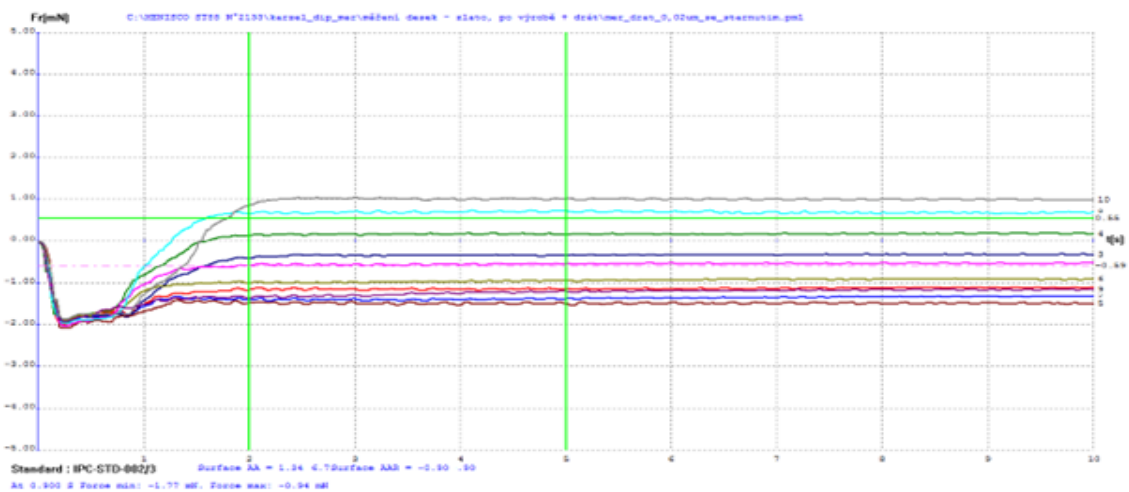


Obr. A.32: Průběhy vzorků 0,6 - 0,7  $\mu\text{m}$  imerzního stříbra se stárnutím

## ENIG drát 0,02 $\mu\text{m}$ po výrobě

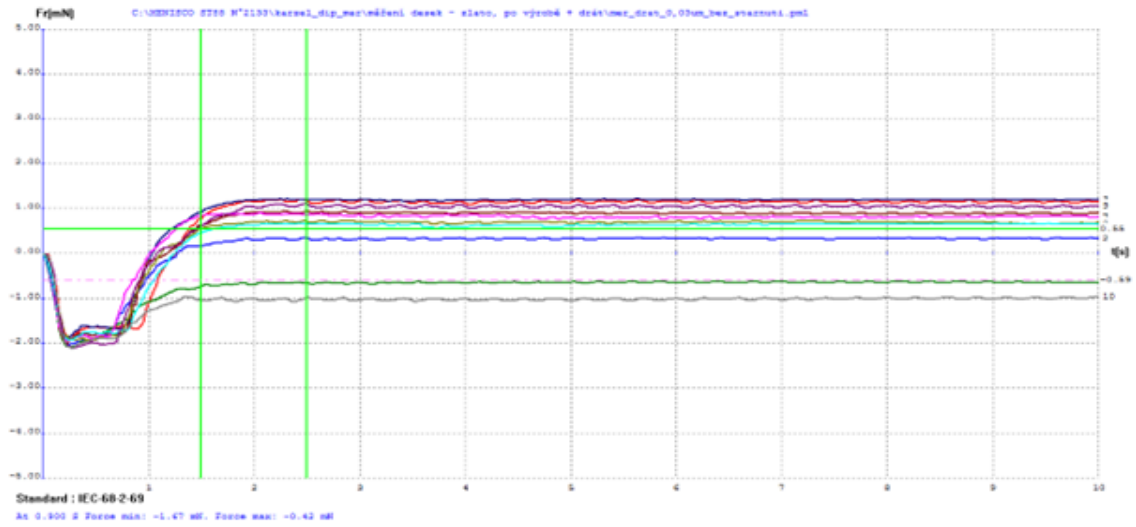


Obr. A.33: Průběhy vzorků 0,02  $\mu\text{m}$  ENIG bez stárnutí

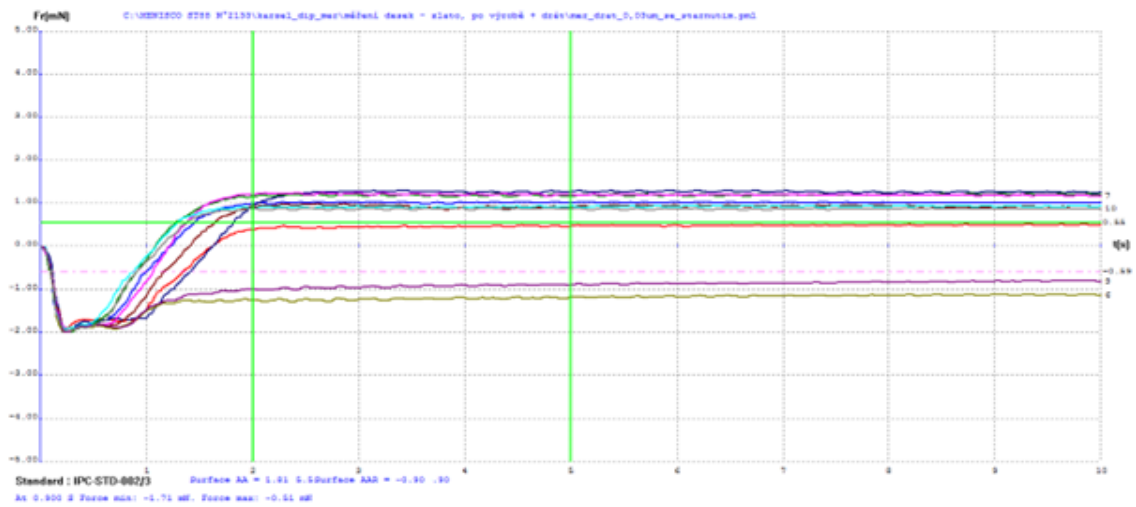


Obr. A.34: Průběhy vzorků 0,02  $\mu\text{m}$  ENIG se stárnutím

## ENIG drát 0,03 $\mu\text{m}$ po výrobě

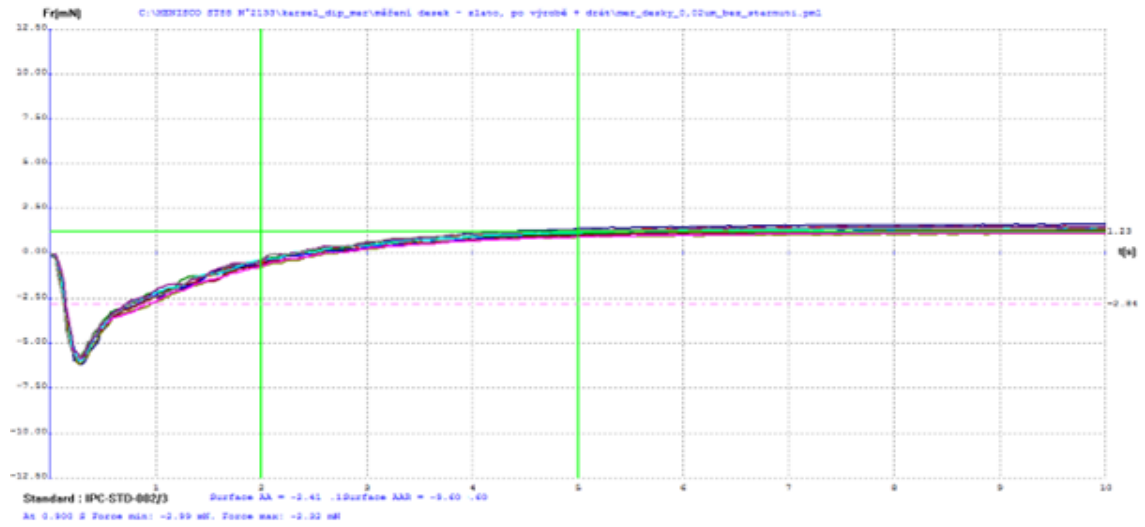


Obr. A.35: Průběhy vzorků 0,03  $\mu\text{m}$  ENIG bez stárnutí

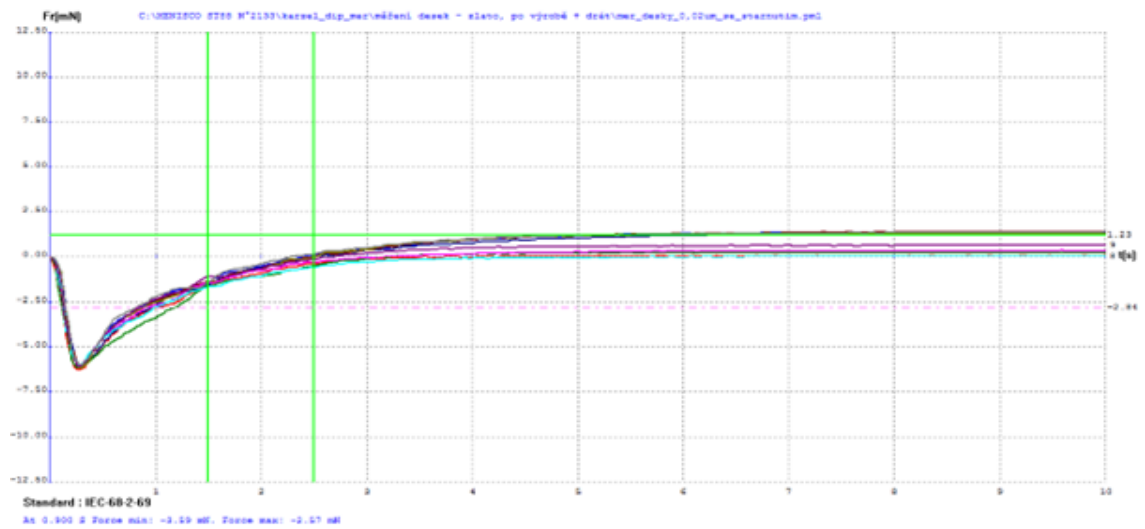


Obr. A.36: Průběhy vzorků 0,03  $\mu\text{m}$  ENIG se stárnutím

## ENIG deska 0,02 $\mu\text{m}$ po výrobě



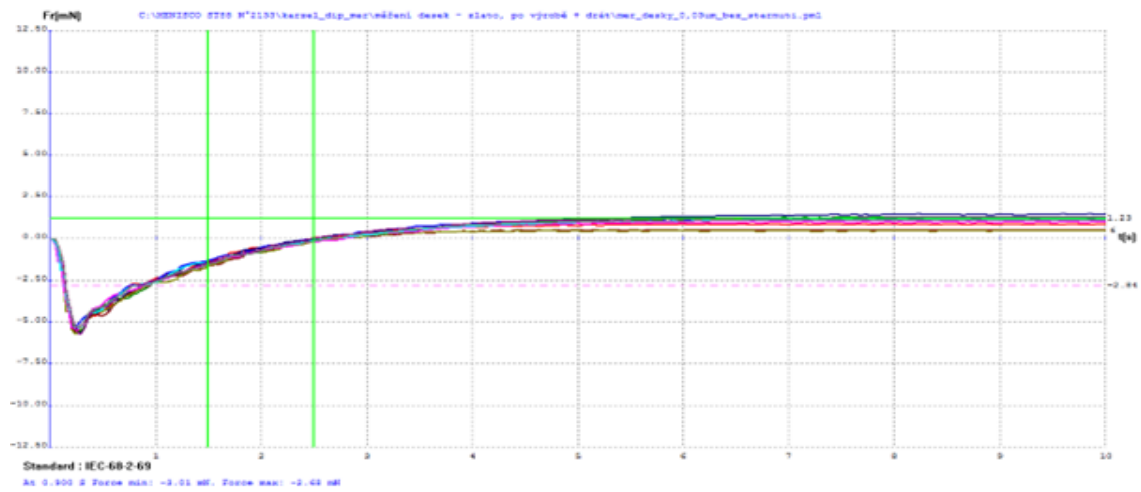
Obr. A.37: Průběhy vzorků 0,02  $\mu\text{m}$  ENIG bez stárnutí



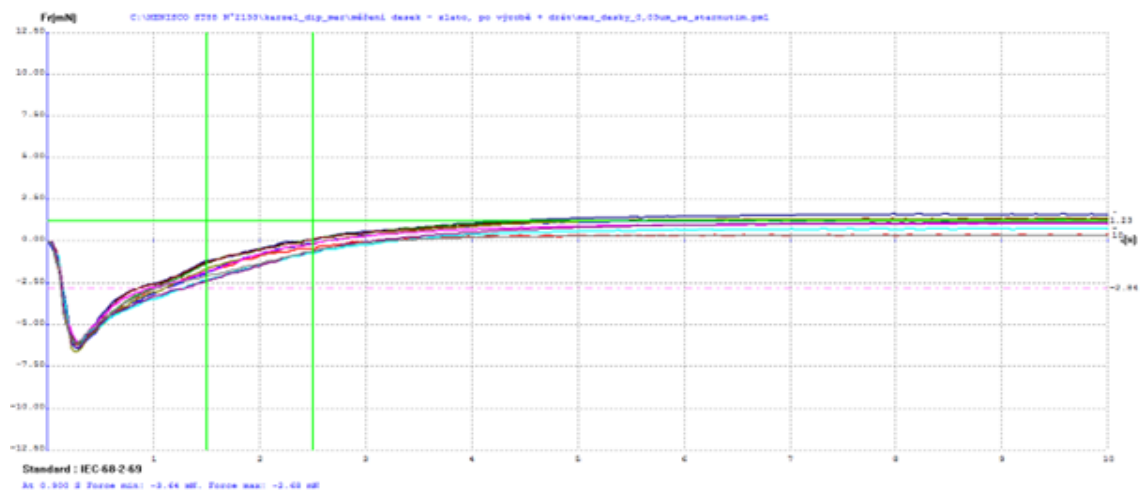
Obr. A.38: Průběhy vzorků 0,02  $\mu\text{m}$  ENIG se stárnutím



## ENIG deska 0,03 $\mu\text{m}$ po výrobě

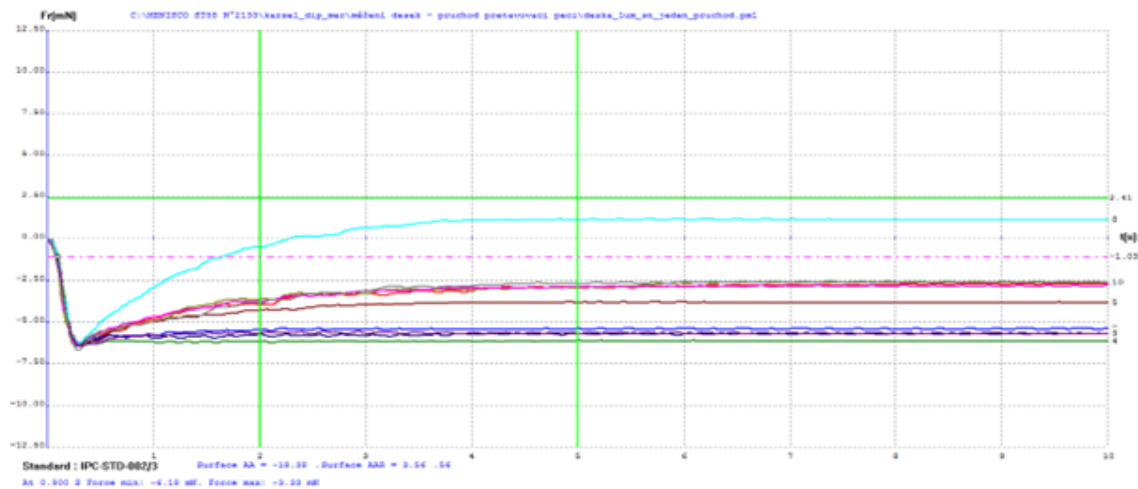


Obr. A.39: Průběhy vzorků 0,03  $\mu\text{m}$  ENIG bez stárnutí

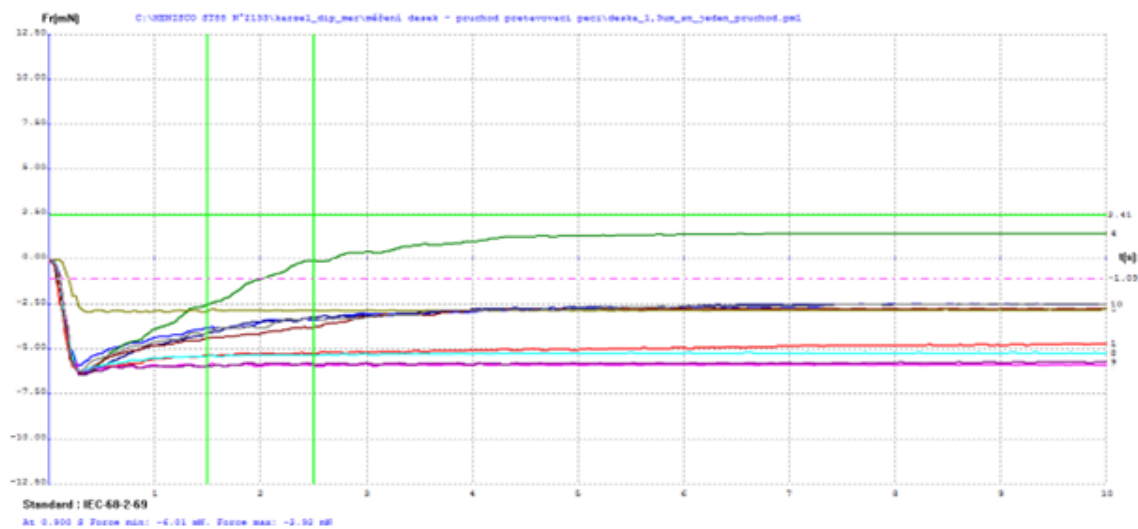


Obr. A.40: Průběhy vzorků 0,03  $\mu\text{m}$  ENIG se stárnutím

## Sn deska jeden průchod přetavovací pecí

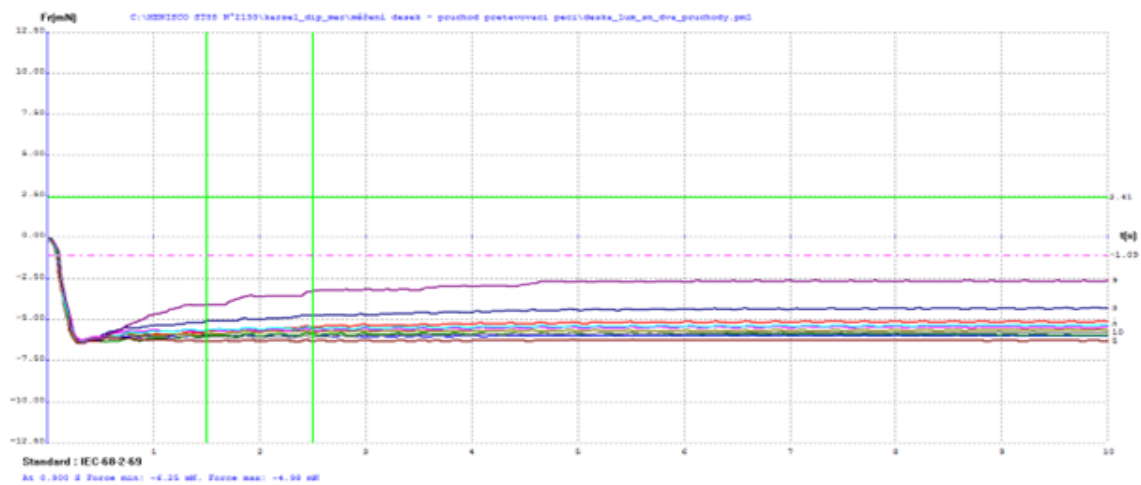


Obr. A.41: Průběhy vzorků 1  $\mu$ m imerzního cínu po jednom průchodu pecí

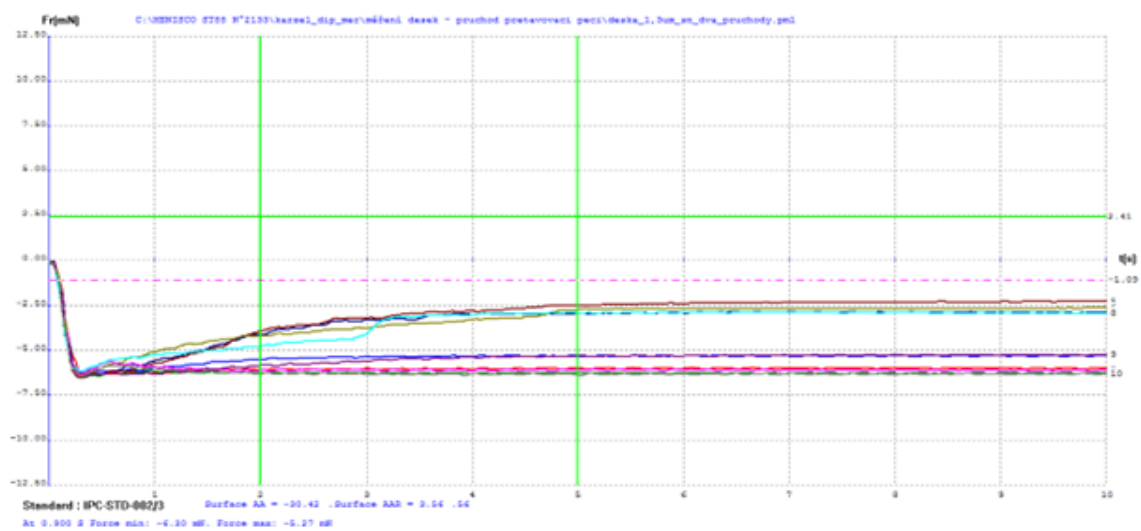


Obr. A.42: Průběhy vzorků 1,3  $\mu$ m imerzního cínu po jednom průchodu pecí

## Sn deska dva průchody přetavovací pecí

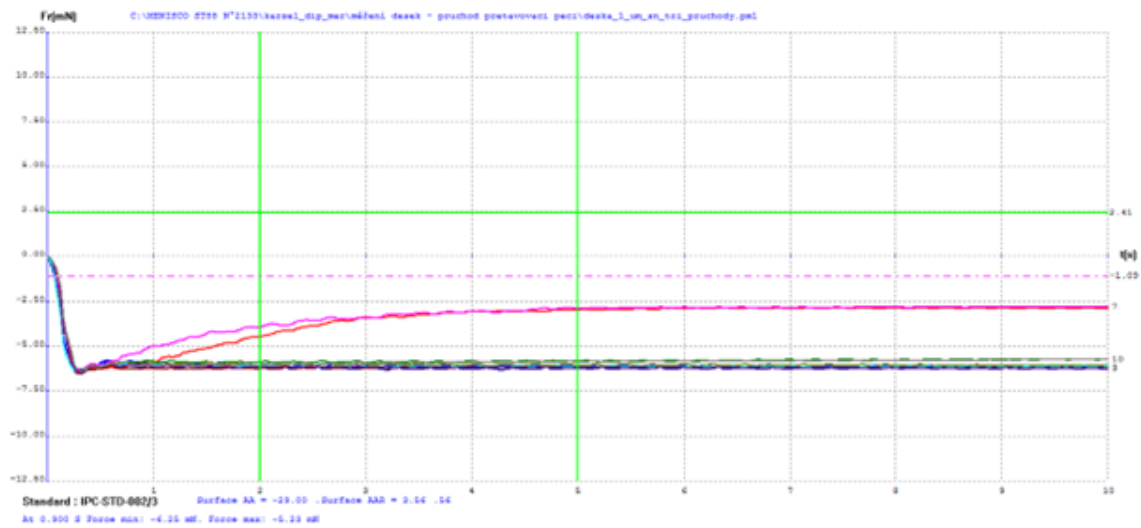


Obr. A.43: Průběhy vzorků 1  $\mu$ m imerzního cínu po dvou průchodech pecí

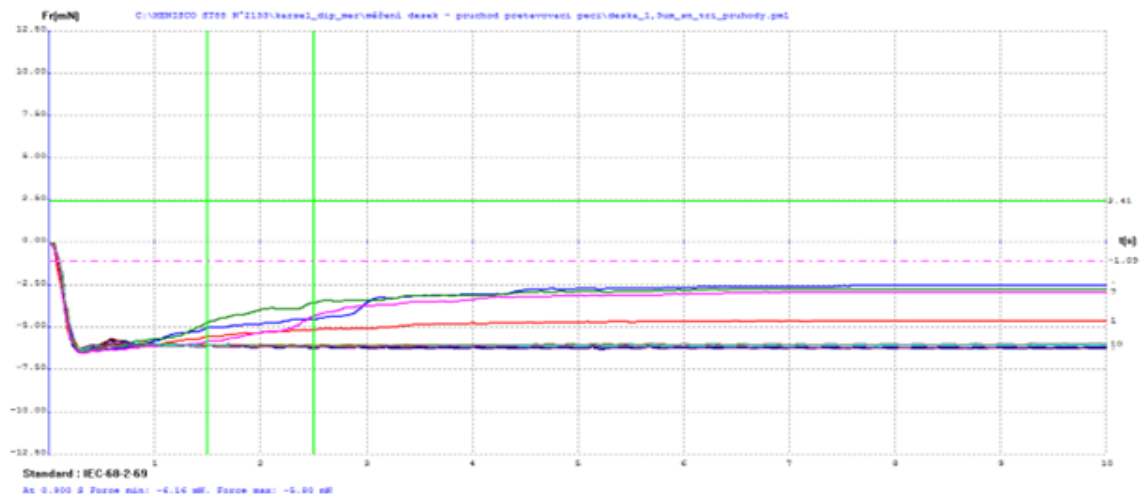


Obr. A.44: Průběhy vzorků 1,3  $\mu$ m imerzního cínu po dvou průchodech pecí

## Sn deska tři průchody přetavovací pecí



Obr. A.45: Průběhy vzorků 1  $\mu\text{m}$  imerzního cínu po třech průchodech pecí



Obr. A.46: Průběhy vzorků 1,3  $\mu\text{m}$  imerzního cínu po třech průchodech pecí

## **B MENISCO ST88**

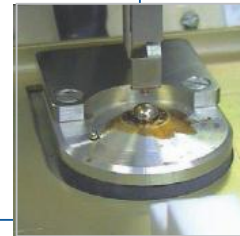
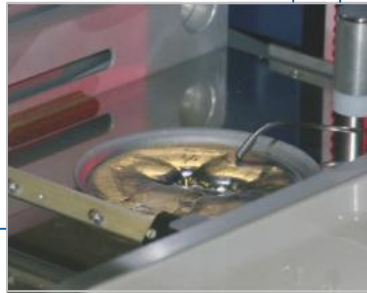
V následující příloze lze nalézt technické informace o přístroji MENISCO ST88, na kterém bylo prováděno měření vzorků.



## MENISCO ST88

### SOLDERABILITY TESTERS

Fully new versatile multimedia equipment,  
with two modules for all type of solderability tests



#### **Solder bath module :**

Test of conventional components.  
Test of pcb coupons.  
Measure of flux / alloy characteristics.  
Dip and look tests.

#### **Globules modules :**

Including the four sizes 1, 2, 3.2 and 4 mm on the same module, Motorized table in X and Y  
No need to wait for the temperature when you swap.  
Test of SMD's and small components  
Test of pcb coupons.

#### **Image capture:**

Video system offering the possibility to record the video of the tests

#### **Multimedia system sharing in the same software :**

Curves expressed in force, force / perimeter or wetting angle.  
Statistic analysis, average, sigma.  
Easy export of all data with the Windows® clipboard

#### **Meets requirements of all international standards :**

IPC/EIA J-STD 002 & 003  
JEDEC MIL 883 L  
IEC 68-2-69  
IEC 68-2-58  
NFC 89-400  
User's standard definition

#### **ST88 Characteristics :**

Fully computerised  
Sensor LVDT  
All axis are motor controlled  
Immersion depth 0.01 to 40 mm  
Immersion speed 1 to 50 mm/s  
Temperature range RT to 450°C  
Pre heating  
Usable with inert or specific atmosphere.  
Video capture

Software version in English, Chinese, German and French  
Compatible with XP & Vista

## **C Stannatech 2000**

V následující příloze lze nalézt podrobné parametry lázně použité pro povrchovou úpravu námi měřených vzorků

# Selective Finishing

## NÁVOD K POUŽITÍ

### Stannatech 2000 V

**Stannatech 2000 V** je kyselá bezproudová cínovací lázeň pro vylučování cínových povlaků na strukturovaných plošných spojích určených k pájení a lisování.

**Stannatech 2000 V** byl speciálně vyvinut pro vertikální aplikaci a brání vytváření hrotů.

Vydání 4 z 24.09.2003  
Nahrazuje vydání 3 z 22.07.2003  
39-9359-07

#### Obsah

Vybavení nádrže.....	2
Pracovní parametry .....	2
Příprava lázně.....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Jmenovité hodnoty pro Stannatech 2000 V.....	4
Udržování lázně.....	4
Úprava odpadních vod .....	<b>Chyba! Záložka není definována.</b>
Analytické předpisy	
Stanovení obsahu cínu ve Stannatech 2000 V .....	9
Stanovení celkové kyselosti ve Stannatech 2000 V .....	11
Spektrofotometrické stanovení thiomocoviny ve Stannatech 2000 V .....	13
Stanovení aditiva ve Stannatech 2000 V pomocí plamenové AAS .....	15
Stanovení ztrát výnosem ve Stannatech 2000 V .....	18



## Vybavení nádrže

<b>Nádrž</b>	Polypropylen nebo CPVC. Ušlechtilá ocel se nesmí používat.
<b>Ohřev</b>	Topná tělesa z PTFE, titanu, porcelánu, křemenného skla.
<b>Pohyb zboží/elektrolytu</b>	Potřebný.
<b>Provzdušňování</b>	Potřebné.
<b>Filtrace</b>	Kontinuální. Celkový objem lázně se musí zfiltrovat minimálně 7 - 10 krát za hodinu. 10 - 20 µm filtrační svíčky, jako např. Polyspun, náplně (kartuše) je třeba asi 12 hodin loužit v 10 % MSA (kyselina metylsírová) a před použitím důkladně vyčistit.
<b>Odsávání</b>	Potřebné.

## Pracovní parametry

<b>Teplota lázně Stannadip 2000 V</b>	25 ± 5 °C
<b>Teplota lázně Stannatech 2000 V</b>	65 – 70 °C
<b>Hodnota pH</b>	< 1, není třeba kontrolovat.
<b>Hustota lázně</b>	1,21 – 1,27 g/cm <sup>3</sup> při 20°C
<b>Rychlost vylučování</b>	0,8 – 1,2 µm za 12 – 15 min.
<b>Životnost</b>	8 – 17 MTO (max. 1 rok)

### Příprava lázně

Příprava 100 l lázně	litry	kg
Stannatech LP konz.	42,0	55,2
Stannatech 2000 konz.	46,0	51,5
SF Zinnlösung C	4,0	6,0
Stannatech Additive	8,0	8,1
Stannatech SN Korrekturlösung	Potřebný pouze pro dávkování	

#### Předpis pro přípravu roztoku

**Postup přidávání činidel je třeba bezpodmínečně dodržet**, jinak může dojít ke změně zbarvení nebo srážení.

Složky se přidávají ve shora uvedeném pořadí při zapojeném oběhovém čerpadle.

Když je nádrž doplněna a zahřáta na pracovní teplotu, nechá se zapnuto provzdušňování po dobu 8 - 12 hodin (přes noc).

**Pozor:** Po přípravě nového roztoku nemá lázeň jmenovité hodnoty! Na jmenovité hodnoty se musí teprve nastavit!

**Pozor:** Provzdušňování se zapíná jen po dobu přípravy lázně (8 – 12 hodin) a po odstávce (na 2 hodiny).

Po následné anlyze a nastavení jmenovitých hodnot je lázeň připravena k použití.

<p><b>Při všech pracích s lázněmi Stannadip 2000 V a Stannatech 2000 V je třeba dodržovat předpisy o zacházení s roztoky kyseliny methyلسírové a thiomocoviny.</b></p>
--

**Jmenovité hodnoty pro Stannatech 2000 V**

	<b>Jmenovitá hodnota</b>	<b>Pracovní rozmezí</b>
Cín Sn <sup>2+</sup>	12 g/l	10 – 14 g/l
Celková kyselost	100 %	95 – 110 %
Thiomočovina (Thioharnstoff)	90 g/l	80 – 100 g/l
Aditivum (Additiv)	90 ml/l	80 – 100 ml/l

**POZOR: Protože lázně Stannadip a Stannatech jsou spolu propojeny přes krystalizátor, viz lineární schéma Stannatech 2000 V, musí se nastavování jmenovitých hodnot a dávkování všech činidel provádět u Stannatech 2000 V. Stannadip 2000 V není třeba kontrolovat.**

**Udržování lázně**

1. Stanovení ztrát výnosem
2. Nastavení dávkovacích ekvivalentů
3. Doplnění cínu
4. Doplnění celkové kyselosti
5. Doplnění thiomočoviny
6. Doplnění Stannatech Additiv
7. Ztráty odparem
8. Poukaz na analytické stanovení mědi a celkového cínu

### 1. Stanovení ztrát výnosem

Viz dodatek pracovního návodu „Stanovení ztrát výnosem“.

### 2. Nastavení dávkovacích ekvivalentů podle výsledku ztrát výnosem

Pro doplnění **200 ml ztrát výnosem na m<sup>2</sup> přířezu** se musí přidat následující dávkovací ekvivalenty při postupu s a bez **Stannatech Additive**.

<b>Stannatech LP konz.</b>	92,0 ml/m <sup>2</sup> přířezu
<b>Stannatech 2000 konz.</b>	100,0 ml/m <sup>2</sup> přířezu
<b>SF Zinnlösung C</b>	***8,0 ml/m <sup>2</sup> přířezu
<b>Stannatech Additive</b>	***16,0 ml/m <sup>2</sup> přířezu

Dávkovací ekvivalenty se nastaví po stanovení ztrát výnosem.

\*\*\* Dávkovací ekvivalenty výnosu roztoků **SF Zinnlösung C** a **Stannatech Additive** se musí přizpůsobit výrobě.

Když výsledky analýz opětovně udávají příliš nízký obsah celkové kyselosti a/nebo thiomochoviny, ukazuje toto na příliš nízké doplňování ztrát výnosem. Dávkovací ekvivalenty **Stannatech LP konz.** a **Stannatech 2000 konz.** (vždy ve stejném nasazovacím poměru) se musí přizpůsobit odpovídajícím způsobem prosazení v m<sup>2</sup>.

### 3. Doplnění dvojmocného cínu Sn<sup>2+</sup>:

Sn<sup>2+</sup> se doplňuje podle analýzy (*viz analytický předpis “Stanovení obsahu cínu ve Stannatech 2000 V”*) činidlem **SF Zinnlösung C**.

Ke zvýšení obsahu Sn<sup>2+</sup> o 1 g/l se musí přidat 3.3 ml/l **SF Zinnlösung C**.

*Příklad:* Analyticky stanoveno 10,5 g/l Sn<sup>2+</sup>, jmenovitá hodnota je 12 g/l  
 $12 - 10,5 = 1,5 \text{ g/l} \rightarrow 1,5 \bullet 3,3 = 4,95 \text{ ml/l}$

*Musí se přidat 4,95 ml/l SF Zinnlösung C.*

#### 4. Doplnění celkové kyselosti

Celková kyselost se doplňuje na základě analýzy (viz analytický předpis “Stanovení celkové kyselosti ve Stannatech 2000 V”) činidly **Stannatech LP konz.** a **Stannatech 2000 konz.** Ke zvýšení obsahu celkové kyselosti o 1 % se musí přidat 4,6 ml/l **Stannatech LP konz.** a 5,0 ml/l **Stannatech 2000 konz.** Přitom se zvýší thiomochovina o 0,95 g/l.

*Příklad:* Analyticky stanoveno 97,8% celkové kyselosti, jmenovitá hodnota je 100%  
 $100 - 97,8 = 2,2 \% \rightarrow 2,2 \bullet 4,6 = 10,1 \text{ ml/l}$   
 $2,2 \bullet 5,0 = 11,0 \text{ ml/l}$

Musí se doplnit 10,1 ml/l **Stannatech LP konz.** a 11,0 ml/l **Stannatech 2000 konz.**

#### 5. Doplnění thiomochoviny:

**Pozor: Analýza na thiomochovinu se provádí teprve tehdy, když byly přidány všechny ostatní přísady. Přitom je třeba dbát na důkladné promíchání lázně.**

Stále ještě chybějící thiomochovina se doplní po analýze (viz analytický předpis “Spektrofotometrické stanovení thiomochoviny ve Stannatech 2000 V”) pomocí **Stannatech SN Korrekturlösung.**

Ke zvýšení obsahu thiomochoviny o 1,0 g/l se musí přidat 12,0 ml/l **Stannatech SN Korrekturlösung.**

*Příklad:* Analyticky stanoveno 84,6 g/l thiomochoviny, jmenovitá hodnota je 90 g/l  
 $90 \text{ g/l} - 84,6 \text{ g/l} = 5,4 \text{ g/l} \rightarrow 5,4 \bullet 12 \text{ ml/l} = 64,8 \text{ ml/l}$   
Musí se doplnit 64,8 ml/l **Stannatech SN Korrekturlösung.**

#### 6. Doplnění Stannatech Additiv:

Činidlo Stannatech Additiv se doplňuje po analýze (viz analytický předpis „Stanovení aditiva ve Stannatech 2000 V pomocí plamenové AAS“) pomocí **Stannatech Additive C** na jmenovitou hodnotu.

Ke zvýšení obsahu přísady o 1 ml/l se musí přidat 0,026 ml/l **Stannatech Additive C.**

*Příklad:* Analyticky stanoveno 87,8 ml/l **Stannatech Additiv**, jmenovitá hodnota je 90 ml/l  
 $90 - 87,8 = 2,2 \text{ ml/l} \rightarrow$

Musí se doplnit 2,2 ml **Stannatech Additiv.**

### 7. Ztráty odparem:

Ztráty odparem se doplňují demineralizovanou vodou.

### 8. Poznámka k analytickému stanovení mědi a celkového cínu

Doporučuje se kromě povinných analýz ke kontrole lázně často zkontrolovat obsah mědi a celkového cínu (celkový cín – dvojmocný cín = čtyřmocný cín). Toto se obvykle provádí pomocí atomového absorpčního spektrometru (AAS). Pro tato stanovení neexistují analytické předpisy fy Atotech.

## Úprava odpadních vod

**Oplachové vody a koncentráty lázní** obsahující **Stannatech 2000 V** se musí zásadně svést na speciální úpravu a kvůli přítomným komplexujícím látkám mít odděleně od cyklu úpravy vod.

### **Oplachové vody**

Oplachové vody je možno svést do speciálního oddělení úpravní odpadních vod pro vázané těžké kovy upravované pomocí **Sediganth C** s minimálním ředěním 1 : 15.

### **Srážení těžkých kovů v oplachových vodách**

V oplachových vodách se provádí srážení kovů pomocí **Sediganth C** při pH 4 - 10. Úplnost vysrážení je možno stanovit potenciometricky.

Množství **Sediganth C** (asi 8 - 9 ml na 1 g kovu) je možno stanovit pokusně (viz níže). Po proběhnutí reakční doby asi 30 minut se sraženina filtruje přes zvláštní tlakový filtr a filtrát se vede do úpravní odpadních vod ke kontrole pH před vypuštěním.

Ke stanovení potřebného množství srážedla je třeba:

- ⇒ Přidat 0,1 ml srážedla **Sediganth C** k
- ⇒ 100 ml průběžně míchaného vzorku oplachové vody při pH 4 – 10.
- ⇒ Po pětiminutové reakční době (za stálého míchání) musí být upravovaný roztok čirý a bezbarvý.
- ⇒ Po přidání dalších 0,1 ml srážedla **Sediganth C** nesmí dojít k zakalení roztoku.

Takto stanovené ml srážedla **Sediganth C** na 100 ml vzorku oplachových vod udávají množství srážedla v litrech na 100 litrů upravované oplachové vody.

### **Koncentrované roztoky lázní**

Srážení těžkých kovů je možno provádět přímo činidlem **Sediganth C**, když je lázeň zředěna minimálně v poměru 1 : 15. Potom se filtrát může smíchat s odpadními vodami neobsahujícími těžké kovy. K lepšímu vyvločkování sraženiny se před filtrací přidá za míchání trochu pomocného flokulačního činidla (doporučujeme anionický polyakrylamid s molární hmotností 4 - 6 milionů).

Cín, který zůstal v použitých lázních je možno externě regenerovat v odpovídajících úpravárenských a recyklačních zařízeních.

**Je nutno dodržovat místní předpisy o limitních koncentracích škodlivých látek a všeobecné směrnice nařízení o nebezpečných látkách !**

# ANALYTICKÝ PŘEDPIS (PŘEDBĚŽNÝ)

## Stanovení obsahu cínu ve Stannatech 2000 V

Vydání 2 z 18.06.2001

Nahrazuje vydání 1 z 21.03.2001

39-9357-17

(Přezkoušeno a uvolněno panem Röslerem)

### Potřebná činidla\*:

- ⇒ 0,05 M odměrný roztok EDTA
- ⇒ Roztok thiomčoviny (75 g/l)
- ⇒ Methylthymolová modř - indikátor (1 g methylthymolové modři se rozetře v třecí misce se 100g KNO<sub>3</sub>)
- ⇒ Tlumící octanový pufr o pH = 4,7 (136 g/l octan sodný CH<sub>3</sub> COOH • 3 H<sub>2</sub>O a 57 ml/l koncentrované kyseliny octové)

### Pracovní postup

- ⇒ 5,0 ml\*\* vzorku lázně se přenesse do 250 ml Erlenmeyerovy baňky a zředí se
- ⇒ 100 ml demineralizované vody. Potom se přidá
- ⇒ 10,0 ml roztoku thiomčoviny,
- ⇒ 10,0 ml octanového pufru a
- ⇒ 1 na špičku lžičky indikátor. Barevný přechod je z modré přes červenou do žluté. Titrace je skončena, když je roztok citrónově žlutý.



**Příklad:**

Při titraci 5,0 ml vzorku lázně bylo spotřebováno 10,1 ml 0,05 M odměrného roztoku EDTA.

**Výpočet:**

$$10,1 \cdot 1,187 = 12,0 \text{ g/l Sn}^{2+}$$

**Při všech pracích je třeba všeobecně dodržovat nařízení o nebezpečných látkách!**

\* Pokud není uvedeno jinak, jedná se vždy o látky analytické čistoty.

\*\* Objemy, uváděné na jedno místo za desetinnou čárkou, se odměřují nedělenou pipetou.

**Tento analytický předpis je součástí následujícího návodu k použití:  
Stannatech 2000 V**

# ANALYTICKÝ PŘEDPIS (PŘEDBĚŽNÝ)

## Stanovení celkové kyselosti ve Stannatech 2000 V

Vydání 1 z 19.08.2002

Nahrazuje vydání - z

39-9359-21

(Přezkoušeno a uvolněno panem Röslerem)

### Potřebná činidla\*:

- ⇒ 0,1 M odměrný roztok hydroxidu sodného
- ⇒ 0,04 % vodně-alkoholický roztok indikátoru m-kresolpurpur  
(Zdroj: fa VWR International / Merck; CAS-Nr.: 2303-01-7)

### Potřebné přístroje:

- ⇒ pH-elektroda (pro potenciometrické stanovení)
- ⇒ Erlenmeyerovy baňky
- ⇒ Nedělené pipety
- ⇒ Obvyklé laboratorní přístroje

**Pracovní postup:**⇒ Titrace s indikátorem

- ⇒ Přesně 10,0 ml<sup>\*\*</sup> vzorku lázně se odpipetuje do 100 ml odměrné baňky a doplní se demineralizovanou vodou po značku a důkladně se promíchá.
- ⇒ 2,0 ml<sup>\*\*</sup> takto zředěného vzorku lázně (= 0,2 ml originálního vzorku) se zředí ve 250 ml Erlenmeyerově baňce asi 50 ml demineralizované vody.
- ⇒ Po přidání několika kapek indikátoru se titruje 0,1 M odměrným roztokem hydroxidu sodného do změny barvy roztoku ze žluté na světle fialovou.

⇒ Potenciometrické stanovení (pH-elektroda)

- ⇒ Přesně 10,0 ml<sup>\*\*</sup> vzorku lázně se odpipetuje do 100 ml odměrné baňky a doplní se demineralizovanou vodou po značku a důkladně se promíchá.
- ⇒ 2,0 ml<sup>\*\*</sup> takto zředěného vzorku lázně (= 0,2 ml originálního vzorku) se zředí ve 250 ml Erlenmeyerově baňce asi 50 ml demineralizované vody.
- ⇒ Potom se titruje 0,1 M odměrným roztokem hydroxidu sodného až do prvního konečného bodu.

Spotřebované 0,1 M odměrného roztoku hydroxidu sodného<sup>\*\*\*</sup> – násobené 10,53 – udávají obsah celkové kyselosti lázně v %.

**Příklad:**

Při titraci 2,0 ml zředěného vzorku (= 0,2 ml originálního vzorku) bylo spotřebováno 9,3 ml 0,1 M odměrného roztoku hydroxidu sodného.

**Výpočet:**

$$9,3 \cdot 10,53 = 98\% \text{ celkové kyselosti}$$

**Při všech pracích je třeba všeobecně dodržovat nařízení o nebezpečných látkách!**

\* Pokud není uvedeno jinak, jedná se vždy o látky analytické čistoty.

\*\* Objemy, uváděné na jedno místo za desetinnou čárkou, se odměřují nedělenou pipetou.

\*\*\* Faktor odměrného roztoku se bere roven 1,000 a v příkladech výpočtů se nepoužívá.

**Tento analytický předpis je součástí následujícího návodu k použití:  
Stannatech 2000 V**

# ANALYTICKÝ PŘEDPIS (PŘEDBĚŽNÝ)

## Spektrofotometrické stanovení thiomočoviny ve Stannatech 2000 V

Vydání 2 z 18.06.2001

Nahrazuje vydání 1 z 21.03.2001

39-9357-19

(Přezkoušeno a uvolněno panem Röslerem)

### Princip:

⇒ Obsah činidla **thiomočoviny** v bezproudové cínovací lázni se vypočítá přímo z extinkce při absorpčním maximu ( $\lambda_{\max} = 236 \text{ nm}$ ). Vyhodnocení se provede porovnáním se standardem.

### Potřebná činidla \* a přístroje:

- ⇒ Demineralizovaná voda
- ⇒ Standardní roztok (1,00 g/l thiomočoviny, připravuje se každý týden čerstvý)
- ⇒ 200 ml odměrná baňka
- ⇒ 1,0 ml Eppendorfova pipeta
- ⇒ UV/VIS spektrometr Lambda 2S (firma Perkin Elmer)
- ⇒ Kyvety z křemenného skla (tloušťka vrstvy 1 cm)

**Pracovní postup:**

- ⇒ 1,0 ml\*\* vzorku se napipetuje do
- ⇒ 200 ml odměrné baňky a doplní se po značku
- ⇒ demineralizovanou vodou. Z tohoto zředěného roztoku se napipetuje
- ⇒ 1,0 ml do 200 ml odměrné baňky a doplní se po značku
- ⇒ demineralizovanou vodou (celkové ředění 1 : 40.000).

**Jako srovnávací roztok slouží následující standard:**

- ⇒ 1,0 ml standardního roztoku se napipetuje do 200 ml odměrné baňky a doplní se demineralizovanou vodou po značku.

Extinkce se měří při vlnové délce  $\lambda = 236 \text{ nm}$  v 1 cm kyvetách z křemenného skla. Nulová hodnota je dána demineralizovanou vodou, proti které se měří u dvoupraprskového fotometru.

**Výpočet:**

$$\frac{\text{Extinkce}_{\text{vzorek}} \cdot 200}{\text{Extinkce}_{\text{standard}}} = \text{g/l thiomochoviny}$$

**Příklad:**

**Extinkce vzorku:** 0,359  
**Extinkce standardu:** 0,796

$$\frac{0,359 \cdot 200}{0,796} = 90,2 \text{ g/l thiomochoviny}$$

**Při všech pracích je třeba všeobecně dodržovat nařízení o nebezpečných látkách!**

\* Pokud není uvedeno jinak, jedná se vždy o látky analytické čistoty.

\*\* Objemy, uváděné na jedno místo za desetinnou čárkou, se odměňují nedělenou pipetou.

**Tento analytický předpis je součástí následujícího návodu k použití:  
Stannatech 2000 V**

# ANALYTICKÝ PŘEDPIS (PŘEDBĚŽNÝ)

## Stanovení aditiva ve Stannatech 2000 V pomocí plamenové AAS

Vydání 2 z 22.07.2003  
Nahrazuje vydání 1 z 19.08.2002  
39-9359-17

### Princip stanovení:

K činidlu **Stannatech Additiv C** se pro jednoduchou analytickou kontrolu přidá kov, který je stále v ekvivalentním poměru s účinnou látkou. Potom se pomocí AAS účinná složka reprodukovatelně stanoví a může se udržovat konstantní v pracovním rozmezí. Roztok se po zředění atomizuje ve vzduch-acetylenovém plameni a extinkce se měří při 328,1 nm. Vyhodnocení se provádí pomocí externí kalibrace a vodných standardů.

### Potřebná činidla\*:

- ⇒ Demineralizovaná voda
- ⇒ Základní roztok stříbra ( $c_{Ag} = 1,000 \text{ g/l}$ ; fa Kraft)
- ⇒ kyselina dusičná, koncentrovaná (65%), p.a.

### Standardy

**1 mg/l stříbra:** 1,0 ml\*\* základního roztoku stříbra a 1ml 5 M kyseliny dusičné se napipetují do 1000 ml odměrné baňky, doplní se po značku demineralizovanou vodou a vše se dobře promíchá.

**2 mg/l stříbra:** 2,0 ml\*\* základního roztoku stříbra a 1ml 5 M kyseliny dusičné se napipetují do 1000 ml odměrné baňky, doplní se po značku demineralizovanou vodou a vše se dobře promíchá.

### Potřebné přístroje:

- ⇒ Atomový absorpční spektrometr (např.: model 4100 Perkin Elmer)  
Hořák (vzduch /acetylenová jednoštěrbínová hořáková hlava )
- ⇒ Stříbrná dutá katodová lampa (např.: Nr. N305-702 od Perkin Elmer)

### Parametry:

<b>Lampová proudová intenzita</b>	15 mA	<b>Směs plynů</b>	vzduch/acetylen
<b>Signál</b>	Výška signálu	<b>Průtok plynu</b>	1,8 l/min
<b>Integrační čas</b>	3 s	<b>Průtok oxidantu (vzduchu)</b>	6,6 l/min
<b>Opakování</b>	3	<b>Vlnová délka</b>	328,1 nm
<b>Korekce pozadí</b>	D <sub>2</sub> -lampa	<b>Šířka spektrální štěrbin</b>	0,7 nm

U jiných přístrojů se pracovní parametry nastaví podle pokynů výrobce.

### Pracovní postup:

- ⇒ 2,0 ml\*\* vzorku se napipetuje do 50ml odměrné baňky, doplní se demineralizovanou vodou po značku a dobře se promíchá (zředění 1:25).

### Stanovení pomocí plamenové AAS:

Naměřená extinkce vzorku se musí nacházet uvnitř kalibrace, jinak je třeba použít jiné ředění vzorku. Nulová hodnota se měří proti demineralizované vodě obsahující 1 ml/l kyseliny dusičné.

**Výpočet:**

$$\text{Obsah}_{\text{aditiva}} [\text{ml/l}] = \frac{\text{AAS}_{\text{stanovení}} [\text{ml/l}] \cdot 2 \cdot \text{objem}_{\text{odměrné baňky}}}{\text{aliquotní podíl}_{\text{vzorku}} [\text{ml}]}$$

**Příklad:**

Zředěný roztok vzorku (2,0 ml vzorku v 50 ml odměrné baňce) dalo hodnotu AAS měření 1,70 mg/l.

$$\text{Obsah}_{\text{aditiva}} [\text{ml/l}] = \frac{1,70 \cdot 2 \cdot 50}{2}$$

**Při všech pracích je třeba všeobecně dodržovat nařízení o nebezpečných látkách!**

- \* Pokud není uvedeno jinak, jedná se vždy o látky analytické čistoty.
- \*\* Objemy, uváděné na jedno místo za desetinnou čárkou, se odměřují nedělenou pipetou.

**Tento analytický předpis je součástí následujícího návodu k použití:  
Stannatech 2000 V**



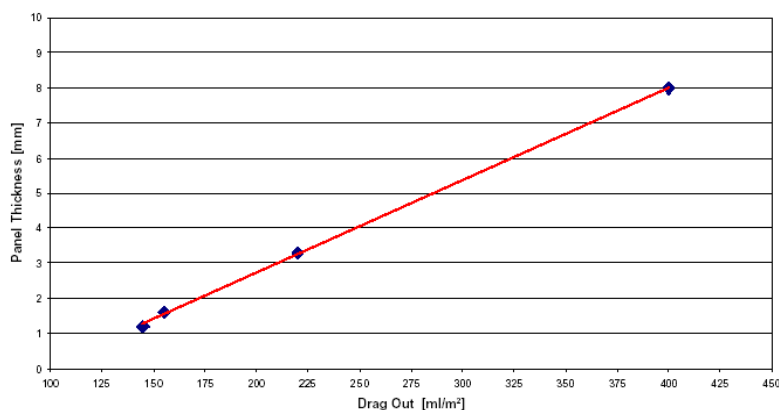
# PRACOVNÍ POKYNY (PŘEDBĚŽNÉ)

## Stanovení ztrát výnosem ve Stannatech 2000 V

Vydání 2 z 18.06.2003  
Nahrazuje vydání 1 z 27.08.2002  
39-9359-05

V elektrolytech s vysokou hustotou přispívají ztráty výnosem značnou měrou k doplňovaným reagensům.

Pro správné doplňování lázně Stannatech je proto nutné při výpočtu dávkovaných množství zohlednit i ztráty výnosem. Extrémní vliv má při tom také tloušťka desek (viz níže uvedený náš graf, hodnoty byly stanoveny v laboratoři).



(Závislost ztrát výnosem na tloušťce desky; Panel Thickness - tloušťka desky [mm] , Drag Out - výnos [ml/m<sup>2</sup>])

**Průběh stanovení**

- 1) Zařízení se nastaví na ruční provoz.
- 2) První oplachovací nádrž po Stannatech (alkalický oplach) se vyprázdní a pokud bude třeba vyčistí se pomocí  $\text{H}_2\text{SO}_4/\text{H}_2\text{O}_2$ .
- 3) Oplachovací nádrž se naplní čerstvou demineralizovanou vodou. Přitom se musí zjistit a přesně udržovat objem (**V**). Musí být zajištěno, aby přívod čerstvé vody byl uzavřen (eventuálně přepad).
- 4) Dávkování pH a krystalizér (Crystallizer) musí být vypnuty.
- 5) Odebere se referenční vzorek na chemické analýzy.
- 6) Při provádění je důležité zvolit  $\text{m}^2$  (**=A**) přířezu desek tak, aby jednak byl zachován průřez produkce, jednak aby bylo přeneseno dost činidel do oplachu, aby bylo možno provést analýzy. Je možno stanovit  $\text{m}^2$  plně naloženého koše a tento několikrát projet. Jako základní pravidlo platí: cca  $10\text{m}^2$  na 200 litrů oplachu a jednu zkoušku.

1. krok:            Desky projdou v ručním režimu přes Stannatech (2 minuty) a 1 oplach (5minut). Doba odkapávání má být stejná jako při automatickém provozu. Nakonec se koš s deskami dobře opláchne a vysuší, aby bylo možno použít koš i desky pro další stanovení.

2. krok:            Odebere se vzorek oplachové vody po 1. oplachu, když byly dosaženy požadované  $\text{m}^2$  (viz základní pravidlo) pro zkoušku.

3. krok:            Kroky 1 a 2 společně 2 krát opakovat.

- 7) Stanoví se obsah thiomočoviny v lázni Stannatech (**= cR (THS)**)

viz analytický předpis „**Spektrofotometrické stanovení thiomočoviny ve Stannatech 2000 V**“

- 8) Stanoví se obsah thiomočoviny ve vzorcích prvního oplachu, přičemž:

**cn (THS)** = koncentrace po jednotlivých krocích  $\text{m}^2$   
pro zkoušku 1:    **n = 1**            cca  $10\text{ m}^2$   
pro zkoušku 2:    **n = 2**            cca  $20\text{ m}^2$   
pro zkoušku 3:    **n = 3**            cca  $30\text{ m}^2$

**Analytický postup:**

1,0 ml standardního roztoku ( 1,0 g/l thiomočoviny ) se napipetuje do 200 ml odměrné baňky a doplní se po značku demineralizovanou vodou.

1,0 ml roztoku vzorku se napipetuje do 200 ml odměrné baňky a doplní se po značku demineralizovanou vodou.

Extinkce se změří při vlnové délce  $\lambda = 236 \text{ nm}$  v 1 cm křemenné kyvetě. Nulová hodnota se stanoví s demineralizovanou vodou, proti které se měří s dvoupráskovým fotometrem.

$$\text{Thiomočovina [g/l]} = \frac{\text{Extinkce (vzorek)}}{\text{Extinkce (standard)}}$$

**Výpočet ztrát výnosem:**

Stanovení vynášecího faktoru D:

$$D [\text{ml/g}] = \frac{1000}{c_R(\text{THS})} \quad \left[ \frac{[\text{ml/l}]}{[\text{g/l}]} \right]$$

Stanovení ztrát výnosem

$$\text{Výnos} [\text{ml/m}^2] = \frac{c_n(\text{THS}) \cdot D \times V}{A \cdot n} \quad \left[ \frac{[\text{g/ml/l}]}{[\text{l/g/m}^2]} \right]$$

- 9) Pomocí atomové absorpční spektroskopie se stanoví obsah celkového cínu v lázni (AAS) ( $= c_R(Sn)$ )
- 10) Obsah celkového cínu ve vzorcích prvního oplachu se stanoví rovněž pomocí AAS, přičemž:

$c_n(Sn)$  = koncentrace po jednotlivých krocích

pro zkoušku 1:	$n = 1$	cca 10 m <sup>2</sup>
pro zkoušku 2:	$n = 2$	cca 20 m <sup>2</sup>
pro zkoušku 3:	$n = 3$	cca 30 m <sup>2</sup>

Výpočet ztrát výnosem:

Stanovení vynášecího faktoru D:

$$D \text{ [ml/g]} = \frac{1000}{c_R(\text{Sn})} \quad \left[ \frac{\text{ml/l}}{\text{g/l}} \right]$$

Stanovení ztrát výnosem

$$\text{Výnos [ml/m}^2] = \frac{c_n(\text{Sn}) \cdot D \cdot V}{A \cdot n} \quad \left[ \frac{\text{g/ml/l}}{\text{l/g/m}^2} \right]$$

- 11) Ztráty výnosem se stanoví jako průměr ze všech jednotlivých stanovení po 10 m<sup>2</sup>, 20 m<sup>2</sup> a 30 m<sup>2</sup>.

Příklad:

Objem oplachu:	$V$	=	200 l
Prosazení při zkoušce:	$A$	=	10 m <sup>2</sup>
Výsledky analýz Stannatech:	$c_R(\text{THS})$	=	87 g/l
	$c_R(\text{Sn})$	=	17,6 g/l
Výsledky analýz oplachů :	$c_1(\text{THS})$	=	1,014 g/l
	$c_2(\text{THS})$	=	2,142 g/l
	$c_3(\text{THS})$	=	2,842 g/l
	$c_1(\text{Sn})$	=	0,203 g/l
	$c_2(\text{Sn})$	=	0,398 g/l
	$c_3(\text{Sn})$	=	0,589 g/l

Výnos podle analýz na thiomočovinu

$$\Rightarrow \text{Vynášecí faktor: } D = 1000 : 87 = 11,49 \text{ ml/g}$$

$$\text{Výnos } n = 1: = \frac{[(1,014 \cdot 11,49 \cdot 200)]}{10} = 233,02 \text{ ml/m}^2$$

$$\text{Výnos } n = 2: = \frac{[(2,142 \cdot 11,49 \cdot 200)]}{10 \cdot 2} = 246,12 \text{ ml/m}^2$$

$$\text{Výnos } n = 3: = \frac{[(2,842 \cdot 11,49 \cdot 200)]}{10 \cdot 3} = 217,70 \text{ ml/m}^2$$

Výnos podle analýz celkového cínu

$$\Rightarrow \text{Vynášecí faktor: } D = 1000 : 17,6 = 56,82 \text{ ml/g}$$

$$\text{Výnos n = 1: } = \frac{[0,203 \cdot 56,82 \cdot 200]}{10} = 230,69 \text{ ml/m}^2$$

$$\text{Výnos n = 2: } = \frac{[0,398 \cdot 56,82 \cdot 200]}{10 \cdot 2} = 226,14 \text{ ml/m}^2$$

$$\text{Výnos n = 3: } = \frac{[0,589 \cdot 56,92 \cdot 200]}{10 \cdot 3} = 223,11 \text{ ml/m}^2$$

$$\text{Střední hodnota: } = \frac{233,02 + 246,12 + 217,70 + 230,69 + 226,14 + 233,11}{6}$$

Průměr: **ztráty výnosem = 231,13 ml/m<sup>2</sup>**

## **D Tavidlo X33s-07i**

V následující příloze lze nalézt podrobné parametry tavidla X33s-07i, které bylo použito při měření smáčivosti vzorků.



www.multicore.com

# NO CLEAN LOW RESIDUE FLUXES

## X33F-07i AND X33S-07i

Multicore X33F-07i and X33S-07i are low residue, resin and halide free fluxes particularly for use on copper finishes from the pioneers of 'no clean' technology.

- No visible residues - eliminates cleaning
- Promotes through hole filling on bare, passivated and lacquered copper finishes
- Formulations for wave, spray and foaming application
- Meet Bellcore TR-NWT-000078 Issue 3
- IPC classification L3CN

### APPLICATIONS

Recommended for consumer electronics, telecommunications and for professional applications using conventional wave soldering machines or nitrogen inerted units.

### RECOMMENDED OPERATING CONDITIONS

**The Printed Circuit Board:** Multicore X33F-07i and X33S-07i have been formulated to work over a wide range of solder resists and are tolerant of poorly adherent finishes. The solvent system in Multicore X33F-07i and X33S-07i is designed for optimum wetting of surfaces and is not aggressive towards common plastics.

Multicore X33F-07i and X33S-07i are particularly effective on bare, passivated or lacquered (resin coated) copper circuit boards. They may also be used on tin/lead coated boards.

Low residue fluxes generally produce poor through-hole filling, particularly on copper finishes. Multicore X33F-07i and X33S-07i have been especially formulated to overcome this problem.

**Machine:** When switching to X33F-07i or X33S-07i from any other flux, ensure all fingers, pallets and conveyors are thoroughly cleaned.

It is recommended that Multicore PC83 Solvent Cleaner or Prozone be used in the finger cleaners.

Multicore X33F-07i and X33S-07i are compatible with machine construction materials and may be used in air or inerted processes. Build up of solvent condensate in fully enclosed inert machines has been avoided by careful choice of the solvent system.

**Fluxing:** Multicore X33S-07i has been formulated for use in **spray** or **wave fluxers** in the same way as ordinary fluxes on standard wave soldering machines. Multicore X33F-07i has been formulated for use in **foaming fluxers**. The upper limit for flux coverage to ensure that soldered PCBs pass cleanliness tests is 25g.m<sup>2</sup> of circuit. Good soldering can be achieved at half this volume. It is important to remove excess flux from the circuit boards using the standard air knife or brushes supplied on the wave soldering machine. An air pressure of about 5-7psi is recommended and the nozzle should be about 2.5cm below the board and angled back at a few degrees to the perpendicular to the plane of the board. This will ensure effective removal of excess flux without transferring droplets to the top of the following board. Sufficient space should be allowed between the foam fluxer and the air knife to prevent the air stream disturbing the foam.

Observing the following instructions will help ensure optimum foaming and soldering results.

1. Use **DRY AIR**.
2. Keep the flux tank **FULL** at all times.
3. The top of the foaming stone should be no more than 2cm below the surface of the liquid flux. A fine foaming stone is preferred and if necessary, raise the level of the stone.
4. The preferred width of the slot (opening) of the foam fluxer is 10mm. If it is wider, add a strip of stainless steel or PVC across it to narrow the opening to 10mm. It is preferable to have a chimney for the foam which tapers towards the top.
5. **DO NOT** use hot fixtures or pallets as these cause the foam to deteriorate and increase losses by evaporation.
6. **DO NOT** use fixtures that have the potential to entrap flux.

**Flux Control:** Control of the flux concentration is achieved in the normal manner by measuring the temperature and specific gravity of the flux. A nomograph is available to show how these measurements are related to the corrective action needed.

The specific gravities of the flux and thinners are similar and they vary with their water contents. As a result, flux concentration control by measurement of the acid value is more convenient. The Multicore SCK001 test kit for use at the production line is available.

**Preheating:** As X33F-07i and X33S-07i contain more solvent than conventional rosin fluxes, it will be necessary to adjust the preheater setting to remove the additional solvent and to ensure that the flux is properly activated. The optimum preheat temperature and time for a PCB depends on its design and the thermal mass of the components but the cycle should be sufficient to ensure that the flux coating is not visibly wet when it contacts the wave. Combinations which have given good results are shown below.

CONVEYOR SPEED	Ft/min	3	4	5	6
	m/min	0.91	1.22	1.52	1.83
TOPSIDE PREHEAT	°C	80-100	70-110	70-100	70-100
	°F	176-212	158-230	158-212	158-212

It is advantageous to fit a topside canopy over the preheaters to produce more effective drying and activation. This will allow the use of faster conveyor speeds and improve soldering. At a speed of 5ft/min, a contact length of 1½-2" between the wave and the PCB is recommended. At lower speeds, this contact length should be reduced. Very slow speeds through the solder wave may produce dull solder joints.

It is particularly useful when setting up a machine to measure the preheat using the Multicore SoldaPro Temperature Profile System (data sheet available).

**IT IS IMPORTANT** that flux solvent be removed by the preheat and that the PCB **IS NOT VISIBLY WET** when it reaches the solder wave.

**Solders:** Multicore X33F-07i and X33S-07i fluxes can be used with all standard solder alloys. The recommended maximum solder bath temperature is 260°C (500°F). The solder bath temperature can generally be reduced compared with processes using conventional fluxes. Temperatures as low as 235°C (455°F) may be used in some situations and this results in improved soldering and less wastage through drossing. Dwell time on the wave should

be 1.5-2.5 seconds. Conveyor speed for dual wave systems should be at least 4ft/min.

To complete your no-clean assembly, use the compatible Multicore Cored Solder Wire and Solder Paste. Soldering iron tips should be kept clean with Multicore Tip Tinner/Cleaner TTC1 (data sheet available).

**Cleaning:** Multicore X33F-07i and X33S-07i fluxes properly applied and processed leave no discernible residues without cleaning.

It is recommended that the soldering system itself be tested for cleanliness using an unfluxed board passed over the soldering machine. Suppliers should be requested to supply clean components and clean boards.

Special applications may have regulations insisting on board cleaning and in such cases Multicore Prozone or PC83 may be used. These are free from ozone depleting chemicals and may also be used to remove any small accumulation of flux solids that might develop on parts of the soldering machine after prolonged use. Machine contamination will in any case be much less than with conventional rosin fluxes. Unlike water soluble fluxes, Multicore X33F-07i and X33S-07i fluxes are not corrosive towards PCB handling equipment.

## TECHNICAL SPECIFICATION

The following table contains typical product data. A full description of test methods and detailed test results are available on request.

General Properties	X33F-07i	X33S-07i
IPC classification	L3CN	
Colour	Colourless	
Smell	Alcoholic	
Solids content	2.7% ± 0.3 w/w	
Halide content	Zero	
Acid value (on liquid) mg KOH/g	19.5 ± 0.5	
Specific gravity at 25°C (77°F)	0.792 ± 0.002	
Flash point (Abel)	12°C (53°F)	
Thinners	X733F-07i	X733S-07i

## SPECIAL PROPERTIES

**Boards soldered with Multicore X33F-07i and X33S-07i fluxes pass MIL-P-28809A ionic contamination test without cleaning provided excess flux is not applied and a clean system and components are used.**

**Multicore X33F-07i and X33S-07i fluxes pass the following corrosion tests:**

USA Copper Mirror Test per MIL-F-14256D

UK Ministry of Defence DTD 599A

USA Bellcore TR-NWT-000078

IPC-SF-818 Flux Class 3

BS5625 Flux Class 4

## Surface Insulation Resistance

Multicore X33F-07i and X33S-07i liquid fluxes gave the **PASS** results shown in the following table during surface insulation resistance tests.

Surface Insulation Resistance Measurements on Uncleaned Soldered Combs						
Specification	Ageing Conditions				Test Voltage V	Typical SIR ohms
	Temp °C	Relative Humidity %	Time hr	Voltage V		
Bellcore TR-NWT-000078 Issue 3	35	85	96	50	100	X33F-07i 1.6 x 10 <sup>11</sup>
						X33S-07i 5.2 x 10 <sup>11</sup>
IPC-SF-818 Class 3	85	85	168	50	100	X33F-07i 9.6 x 10 <sup>9</sup>
						X33S-07i 2.2 x 10 <sup>9</sup>

## Electromigration

Multicore X33F-07i and X33S-07i **PASS** the electromigration test requirements of Bellcore TR-NWT-000078 at 10V bias for 500hr at 85°C and 85% RH.

## Through-Hole Solder Penetration

Resin coated copper boards soldered in air.

Flux	% pth fill	
	As received	Oxidised boards
X33S-07i	98.4	95.6
Low resin LSF	93.6	48.6
Resin-free LSF	46.0	36.0

## HEALTH AND SAFETY

**WARNING:** The following information is for guidance only and users must refer to the Material Safety Data Sheets relevant to Multicore X33F-07i and X33S-07i Low Residue Fluxes before use.

**Fumes/Vapours and Precautions:** Excessive inhalation of the solvent vapour, which may cause headaches, dizziness and nausea and the flux fumes given off at soldering temperature, which are irritating to the throat and respiratory organs, should be avoided. The TLV of the solvent is 400ppm. Multicore X33F-07i and X33S-07i liquid fluxes must always be used in well ventilated areas. Suitable fume extraction equipment should be used to extract solvent vapours and flux fumes away from the operators.

**Protection and Hygiene:** Suitable protective clothing should be worn to prevent the materials from coming into contact with the skin and eyes. If the materials come into contact with the skin, the affected area should be washed with soap and water. If the materials come into contact with the eyes, they should be irrigated thoroughly with running water for at least 10 minutes and medical attention sought. Eating and drinking should not be permitted in the working area and hands should be washed thoroughly with soap and warm water before eating.

**Fire Hazards and Precautions:** Multicore X33F-07i and X33S-07i liquid fluxes contain a highly flammable solvent with a flashpoint of 12°C (53°F). These materials must not be used near naked flames or non-flameproof electrical equipment. Smoking must not be permitted in the working area. Carbon dioxide, alcohol resistant foam or dry powder extinguishers should be used if the materials catch fire.

**Spillage and Waste Disposal:** Spillage of the materials should be mopped up with sand or sawdust. Waste materials should be stored in closed containers and disposed of in accordance with local regulations.



[www.multicore.com](http://www.multicore.com)

This data is based on information believed to be reliable and is offered in good faith, but MULTICORE MAKES NO WARRANTIES EITHER EXPRESS OR IMPLIED AS TO ITS ACCURACY AND ASSUMES NO LIABILITIES ARISING OUT OF ITS USE BY OTHERS as conditions and methods of use of the products are beyond MULTICORE'S control. The prospective user should determine the suitability of the product before using it on a commercial scale. MULTICORE warrants only that the product will conform to its physical descriptions. MULTICORE MAKES NO OTHER WARRANTIES EXPRESS OR IMPLIED AND EXPRESSLY DISCLAIMS ANY IMPLIED WARRANTY OF FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE. IN NO EVENT SHALL MULTICORE BE RESPONSIBLE FOR SPECIAL, INCIDENTAL OR CONSEQUENTIAL DAMAGES, WHETHER THE CLAIM IS IN CONTRACT, NEGLIGENCE OR OTHERWISE.



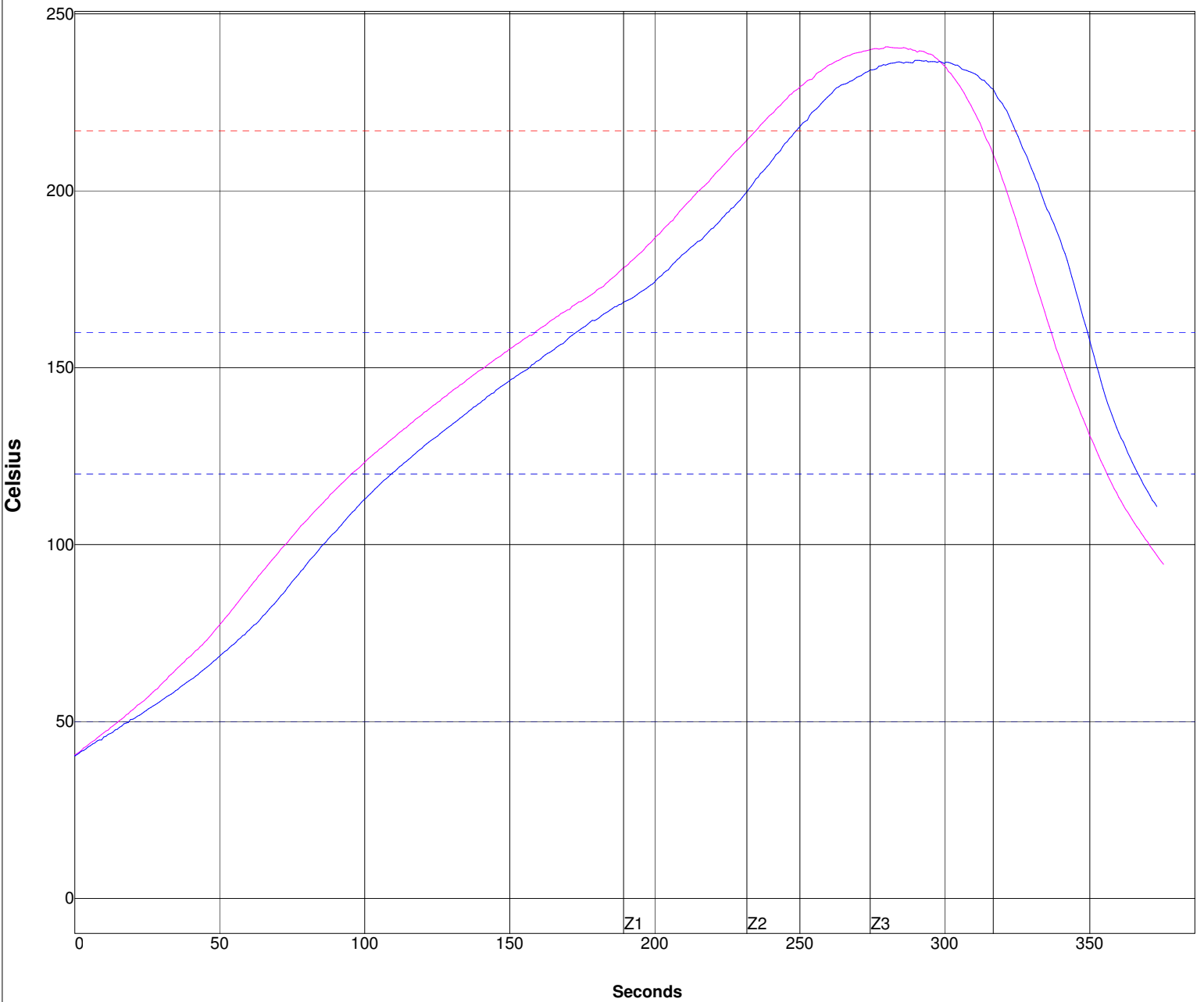
## **E Teplotní profil pro průchod přetavovací pecí**

V následující příloze lze vidět charakteristiky a parametry teplotního profilu, který byl použit při průchodu vzorků přetavovací pecí.



Company: Brno University of Technology  
Oven Name: DIMA

Site: Electrotechnology  
Process Window Name: SAC305-reflow



PWI= 83%		Max Rising Slope		Preheat 50-120C		Soak Time 120-160C		Reflow Time /217C		Peak Temp	
PCB1	1.01	-19%	80.47	35%	63.36	-26%	78.32	83%	240.80	14%	
PCB2	1.02	-19%	90.40	68%	63.72	-25%	75.49	55%	236.90	-27%	
Delta	0.01		9.93		0.36		2.83		3.90		

Process Window:

Solder Paste: SAC305			
Statistic Name	Low Limit	High Limit	Units
Max Rising Slope (Target=1.3) (Calculate Slope over 20 Seconds)	0	2.5	Degrees/Second
Preheat Time 50-120C	40	100	Seconds
Soak Time 120-160C	30	120	Seconds
Time Above Reflow - 217C	60	80	Seconds
Peak Temperature	230	249	Degrees Celsius

Description:

265 280 400 v3



## **F Stripovací roztok TS 1000**

V následující příloze lze najít parametry prvního ze dvou stripovacích roztoků TS 1000, které byly použity během dvoustupňového stripování.

## Two-Stage Tin Stripping Process

### 1. Process Information

**TinSolv<sup>®</sup> 1000/2000** is Atotech's unique two-stage process for stripping tin etch resist used in today's printed circuit industry. The **TinSolv<sup>®</sup> 1000/2000** process eliminates problems typically associated with stripping tin deposits of various thickness caused by poor plating distribution. In the first stage, **TinSolv<sup>®</sup> 1000**, the tin deposit is stripped back to the intermetallic layer. This is relatively even in thickness across the entire panel, and is independent of circuitry dimensions. In the second stage, **TinSolv<sup>®</sup> 2000** strips the intermetallic layer only, leaving a blemish-free copper surface. This process eliminates the varying degrees of copper attack often associated with single-stage processes. The resultant surface is ideal for subsequent selective finishes, such as Atotech's nickel/gold process, **AUROTECH<sup>®</sup>**, or electroless palladium process, **PALLATECT<sup>®</sup>**.

#### Advantages

- Fast and complete stripping of tin etch resist
- Leaves underlying copper in "as-plated" condition with superior planarity
- Highest possible metal holding capacity
- No peroxides or fluorides
- Minimized sludge development for easy cleaning.
- Steady-state operation via specific gravity control
- Simplified waste treatment

### 2. Equipment

Most commercially available conveyORIZED processing equipment is suitable for use with **TinSolv<sup>®</sup> 1000/2000**. Rinsing between the two stages is not recommended. However, process equipment should utilize effective pinch (i.e. drag-out) rollers to minimize transfer of the first-stage chemistry into the second stage. The following recommendations are offered as general equipment specifications:

Equipment Items	Recommendation
<b>Tanks</b>	Polyethylene, polypropylene, or PVC. Metallic parts should be of titanium.
<b>Heating &amp; Cooling System</b>	Both heating and cooling is required to operate at optimum, consistent performance.
<b>Heaters</b>	PTFE-coated, quartz or titanium
<b>Exhaust</b>	Polyethylene, Polypropylene, or PVC.

**Note:** Please contact the manufacturer of process equipment regarding specific questions about material compatibility and equipment functions.

### 3. Make-Up

**TinSolv<sup>®</sup> 1000** and **TinSolv<sup>®</sup> 2000** are ready to use solutions. In make-up, use full strength solutions as supplied solutions.

## Two-Stage Tin Stripping Process

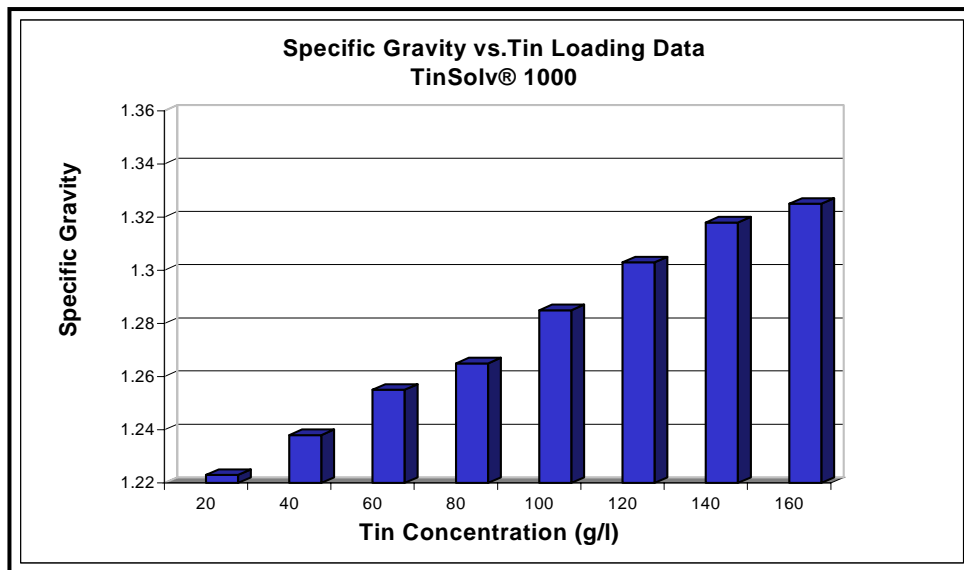
### 4. Working Parameters

Process Step	Concentration	Temperature	Process Time
<b>TinSolv<sup>®</sup> 1000</b>	80 – 120 %	25 – 35 °C	20 – 60 sec.
<b>TinSolv<sup>®</sup> 2000</b>	80 – 160 %	25 – 35 °C	20 – 30 sec.

**Note:** Under no circumstances should **TinSolv<sup>®</sup> 2000** be added to the first stage. Doing so will cause uncontrolled stripping to the copper surface in the **TinSolv<sup>®</sup> 1000** stage.

### 5. Maintenance and Process Control

Because the tin etch resist is stripped from the underlying copper in two distinct stages, **TinSolv<sup>®</sup> 1000/2000** offers the highest degree of process control available in the printed circuit industry. The two-stage **TinSolv<sup>®</sup>** process is most effectively operated in a steady-state mode, using the density of the **TinSolv<sup>®</sup> 1000** working solution to activate automatic dosing of both process chemistries. As shown in the chart below, the specific gravity of the working solution increases with the concentration of dissolved tin. Therefore, it is useful to use this increase in density to initiate the automatic dosing cycle. The Atotech specific gravity controller has been specifically developed for this application. Your regional Atotech representative can provide advice on optimizing your process.



## Two-Stage Tin Stripping Process

### 6. General Safety Precautions

**TinSolv<sup>®</sup> 1000** and **TinSolv<sup>®</sup> 2000** contain nitric acid and are corrosive, oxidizing solutions. Care should be taken to avoid contact with **TinSolv<sup>®</sup>** solutions.

Do not inhale associated mist or vapors. Wash contaminated clothing before reuse. Operators should be provided with protective clothing, eye protection, and respiratory protection as appropriate. These products should only be used in well-ventilated areas. A safety shower and eyewash should always be available for use in emergencies.

Avoid direct contact with this material. Do not inhale associated mist or vapors. Wash contaminated clothing before reuse. Refer to Safety Data Sheet (SDS) for specific precautions before handling this material and for first aid recommendations. As applicable, keep exposure below the limits recommended by the appropriate regional regulatory agencies.

**For further information on product safety refer to the corresponding SDS. The SDS is enclosed at the first delivery of a product. Otherwise a SDS for a product is available on request from the appropriate regional Atotech office**



### 7. Material No. for Make-Up and Maintenance Products

<u>PRODUCT</u>	<u>MATERIAL NO.</u>
<b>TINSOLV 1000</b>	1665387
<b>TINSOLV 2000</b>	1666493

### 8. Document History

<u>Current revision status</u>	<u>Date</u>	<u>Change against last version:</u>
05	29.Dec.2006	Current version

This sheet shall serve for your information. The content of the sheet is based on our best knowledge. We do not undertake any duty to advise. The contents of the sheet shall not be considered as an agreement on condition and quality of the goods delivered. The decision to use our products for its production purposes is the responsibility of our customer. We can accept liability only for the quality of our products at delivery. If difficulties arise in the application of our products, we propose that you contact our technical service department.

Atotech Deutschland GmbH  
P.O. Box: 21 07 80  
10507 Berlin, Germany  
Erasmusstraße 20  
10553 Berlin, Germany  
phone +49 (0) 30 349 85 0  
fax +49 (0) 30 349 85 777

## **G Stripovací roztok TS Omega**

V následující příloze lze najít parametry druhého ze dvou stripovacích roztoků, které byly použity během dvoustupňového stripování TS Omega.

## Two-Stage SolderStrip Process

### 1. Process Information

**SolderStrip™ TS Delta/Omega** is a two-stage process from Atotech designed specifically for the removal of tin/lead etch resist, used in today's printed circuit industry. The **SolderStrip™ TS Delta/Omega** process eliminates problems typically associated with stripping tin/lead deposits of various thicknesses caused by poor plating distribution. In the first stage, **SolderStrip™ TS Delta**, the tin/lead deposit is stripped to the intermetallic layer, which is relatively even in thickness across the entire panel, regardless of circuitry dimensions. In the second stage, **SolderStrip™ TS Omega** strips only the intermetallic layer, leaving a blemish-free copper surface. The process eliminates the varying degrees of copper attack often associated with tin/lead stripping. The resultant surface planarity is essential for today's surface mount technology. As such, **SolderStrip™ TS Delta/Omega** is ideally suited to subsequent selective finishes such as AUROTECH®™, Atotech's nickel/gold process, or PALLATECT®, Atotech's electroless palladium process.

#### Features:

- Fast and complete stripping of tin/lead etch resist via two-stage approach
- Underlying copper left in "as-plated" condition for superior planarity
- Highest possible metal holding capacity (225 g/l)
- No peroxides or fluorides
- Minimized sludge development for easy cleaning
- Steady-state operation via specific gravity control
- Simplified waste treatment

### 2. Equipment

**SolderStrip™ TS Delta/Omega** is formulated to be used in most conveyORIZED processing equipment used in the printed circuit industry. The process is suitable for both spray and "floodbar" techniques. The use of Atotech equipment with its patented fluid delivery systems will significantly increase stripping speed and throughput. The following recommendations are offered for purposes of general equipment specifications:

<b>Tanks</b>	Polyethylene, Polypropylene, or PVC. Metallic parts should be of titanium, 316 Stainless steel or PTFE-coated metal
<b>Heating &amp; Cooling System</b>	Both heating and cooling is required to operate at optimum, consistent performance.
<b>Heaters</b>	PTFE-coated, quartz, 316 Stainless steel or titanium.
<b>Exhaust</b>	Polyethylene, Polypropylene, or PVC.

**Note:** Please contact the manufacturer of process equipment regarding specific questions about material compatibility and equipment functions.



## Two-Stage SolderStrip Process

### 3. Make-Up

**SolderStrip™ TS Delta/Omega** is ready to use solution. In make-up, use full strength solutions as supplied.

### 4. Working Parameters

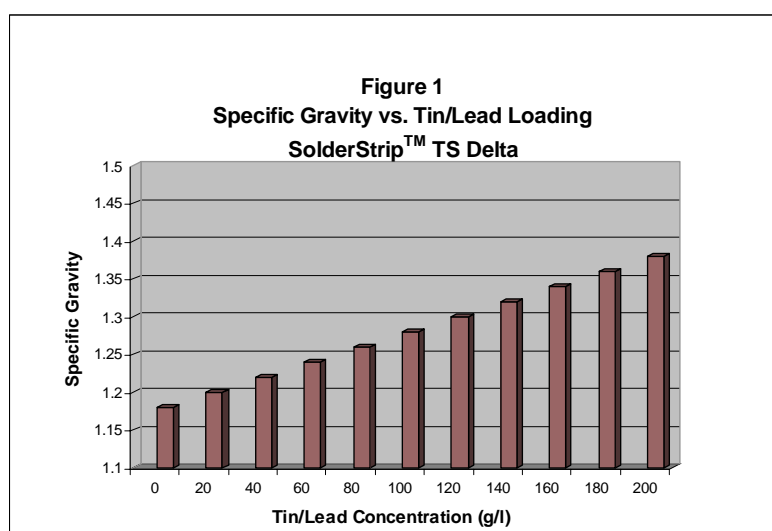
Process Step	Concentration	Temperature	Process Time
<b>SolderStrip™ TS Delta</b>	80 – 120 %	25 – 35 °C	20 – 60 sec.
<b>SolderStrip™ TS Omega</b>	100 – 160 %	25 – 35 °C	10 – 30 sec.

### 5. Maintenance and Process Control

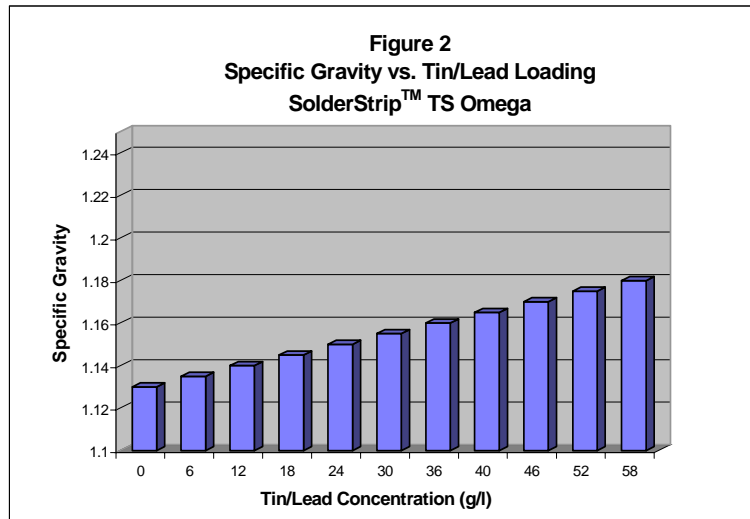
The **SolderStrip™ TS Delta/Omega** process is most effective when operated in a steady-state condition using the specific gravity of the working solution to control the replenishment system. The regional Atotech representative can provide additional information regarding the use of the specific gravity controller and its application to optimize your process.

No rinsing should be provided between the Delta and Omega process steps. However, effective pinch rollers should be utilized to prevent excessive drag-in of the first-stage solution (Delta) into the second stage (Omega). Under no circumstances should the **SolderStrip™ TS Omega** component ever be added to the first stage solution since stripping of the intermetallic will occur.

Figures 1 and 2 illustrate the relationship between Tin/Lead concentrations in the **SolderStrip™ TS Delta/Omega** solutions and specific gravity. The control chart for **SolderStrip™ TS Omega** is relevant only if rinsing and drying occur between the two metal stripping stages. Under normal circumstances (i.e. processing directly from Delta to Omega) the specific gravity of the second stage will vary depending on the drag-in volume from the first stage.



## Two-Stage SolderStrip Process



## 6. General Safety Precautions

**SolderStrip™ TS Delta/Omega** contains nitric acid and are corrosive, oxidizing solutions. Care should be taken to avoid contact with **SolderStrip™ TS Delta/Omega** solutions.

Do not inhale associated mist or vapors. Wash contaminated clothing before reuse. Operators should be provided with protective clothing, eye protection, and respiratory protection as appropriate. These products should only be used in well-ventilated areas. A safety shower and eyewash should always be available for use in emergencies.

Avoid direct contact with this material. Do not inhale associated mist or vapors. Wash contaminated clothing before reuse. Refer to Safety Data Sheet (SDS) for specific precautions before handling this material and for first aid recommendations. As applicable, keep exposure below the limits recommended by the appropriate regional regulatory agencies.

For further information on product safety refer to the corresponding SDS. The SDS is enclosed at the first delivery of a product. Otherwise a SDS for a product is available on request from the appropriate regional Atotech office



Two-Stage SolderStrip Process

## 7. Material No. for Make-Up and Maintenance Products

<b>PRODUCT</b>	<b>MATERIAL NO.</b>
<b>SOLDERSTRIP TS DELTA</b>	1490952
<b>SOLDERSTRIP TS OMEGA</b>	1490937

## 8. Document History

<b>Current revision status</b>	<b>Date</b>	<b>Change against last version:</b>
04	29.Aug.2006	Current version

This sheet shall serve for your information. The content of the sheet is based on our best knowledge. We do not undertake any duty to advise. The contents of the sheet shall not be considered as an agreement on condition and quality of the goods delivered. The decision to use our products for its production purposes is the responsibility of our customer. We can accept liability only for the quality of our products at delivery. If difficulties arise in the application of our products, we propose that you contact our technical service department.

Atotech Deutschland GmbH  
P.O. Box: 21 07 80  
10507 Berlin, Germany  
Erasmusstraße 20  
10553 Berlin, Germany  
phone +49 (0) 30 349 85 0  
fax +49 (0) 30 349 85 777