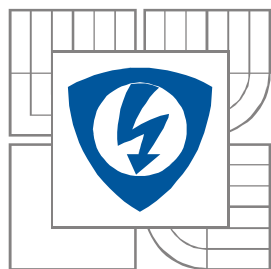


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA ELEKTROTECHNIKY A KOMUNIKAČNÍCH
TECHNOLOGIÍ
ÚSTAV ELEKTROTECHNOLOGIE

FACULTY OF ELECTRICAL ENGINEERING AND COMMUNICATION
DEPARTMENT OF MICROELECTRONICS

ENVIRONMENTÁLNÍ VLIVY A PÁJITELNOST
POVRCHOVÝCH ÚPRAV DESEK PLOŠNÝCH SPOJŮ
SOLDERABILITY OF PCBs SURFACE TREATMENTS AND ENVIRONMENTAL INFLUENCES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

JIŘÍ JIČÍNSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. JIŘÍ STARÝ, Ph.D.

BRNO 2012



VYSOKÉ UČENÍ
TECHNICKÉ V BRNĚ

Fakulta elektrotechniky
a komunikačních technologií

Ústav elektrotechnologie

Bakalářská práce

bakalářský studijní obor
Mikroelektronika a technologie

Student: Jiří Jičínský

ID: 125150

Ročník: 3

Akademický rok: 2011/2012

NÁZEV TĚMATU:

Environmentální vlivy a pájitelnost povrchových úprav desek plošných spojů

POKyny PRO VYPRACOVÁNÍ:

Prostudujte vlastnosti povrchových úprav desek s plošnými spoji - OSP, chemický i galvanický Sn, HAL, ENiG. Sledujte vliv teplot izotermálních i procesních (reflow), relativní vlhkosti i agresivního prostředí na pájitelnost povrchových úprav. Měření provádějte metodou smáčecích vah. Zpracujte přehledové vyhodnocení a kritické aspekty jednotlivých typů úprav.

DOPORUČENÁ LITERATURA:

Podle pokynů vedoucího práce.

Termín zadání: 6.2.2012

Termín odevzdání: 31.5.2012

Vedoucí práce: Ing. Jiří Starý, Ph.D.

Konzultanti bakalářské práce:

doc. Ing. Jiří Háze, Ph.D.

Předseda oborové rady

UPOZORNĚNÍ:

Autor bakalářské práce nesmí při vytváření bakalářské 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:

Tato bakalářská práce se zabývá vlastnostmi povrchových úprav desek plošných spojů. Cílem této práce je porovnání povrchové úpravy OSP nanášené v laboratorních podmínkách a oproti technologickému postupu zavedeného ve firmě ČeMeBo Blansko. Vzorky ENIG, chemický cín a OSP porovnáme vzhledem k jejich kritickým aspektům.

V praktické části se vzorky vystaví různým přírodním vlivům podle norem ČSN EN 60068-2. K porovnání a vyhodnocení lepšího povrchu bude použita metoda smáčecích vah.

Abstract:

This bachelor's thesis deals with the properties of surface treatment of printed circuit boards. The main purpose of this work is to compare the OSP coating applied under laboratory conditions and the technological procedure established in the company ČEMEBO Blansko. Samples of ENIG, immersion tin and OSP compare due to their critical aspects.

In the practical part, the samples are exposed to various elements of nature according to ČSN EN 60068-2. The surface wetting balance method will be used for better comparison and evaluation.

Klíčová slova:

Povrchové úpravy, OSP, HAL, ENIG, chemický cín, metoda smáčecích vah.

Keywords:

Surface finishet, OSP, HAL, ENIG, immersion tin, wetting balance test method.

Citace:

JIČÍNSKÝ, J. *Environmentální vlivy a pájitelnost povrchových úprav desek plošných spojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií, 2012. 55s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jiří Starý, Ph.D..

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto vysokoškolskou kvalifikační práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce, s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury. Jako autor uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této bakalářské práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a jsem si plně vědom následků porušení.

V Brně dne 31. 5. 2012

.....

Poděkování:

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Jiřímu Starému, Ph.D., za metodické a cíleně orientované vedení při plnění úkolů realizovaných v návaznosti na bakalářskou práci.

Obsah

Úvod	8
1. Povrchové úpravy DPS	9
1.1 HAL (Hot Air Levelling).....	10
1.2 ENIG (Electroless Nickel Immersion Gold).....	11
1.3 OSP (Organic Solder Preservatives).....	12
1.3.1 GLICOAT F2.....	13
1.3.2 MEC SEAL CL5018.....	14
1.4 Imerzní Sn (Immersion Tin)	15
1.4.1 CSN-FF-W.....	16
1.5 Imerzní Ni/Au (Immersion Nickel/Gold)	17
1.6 Využití povrchových úprav ve světě	18
2. Zkoušky vlivů prostředí	19
2.1 Zkouška A: Chlad	19
2.2 Zkouška B: Suché teplo	20
2.3 Zkouška XA: Ponoření do čistících rozpouštědel.....	21
2.4 Zkouška Kb: Cyklická zkouška solnou mlhou	22
3. Princip metody smáčecích vah.....	23
3.1 Metoda smáčecích vah.....	23
4. Návrh technologických experimentů a metodika provádění zkoušek.....	26
4.1 Nanesení povrchové úpravy OSP	26
4.2 Test suchým teplem	27
4.3 Test chladem.....	28
4.4 Test solnou mlhou.....	28
4.5 Test pájením přetavením.....	29
4.6 Test vlivu rozpouštědla.....	30
4.7 Měření a zpracování hodnot	30
5. Výsledky měřených testů.....	34
5.1 Tabulky smáčení vzorků OSP.....	34
5.2 Grafy smáčení OSP.....	36
5.3 Tabulky smáčení ENIG a chemického cínu	44
5.4 Grafy smáčení ENIG, chemického cínu, OSP.....	45
Závěr.....	48
Použitá literatura.....	50
Seznam veličin, symbolů a zkratk	52
Přílohy	53

Seznam obrázků

Obrázek 1: Šířka nanesené vrstvy OSP [13.].....	12
Obrázek 2: Aryl-phenyl-imidazolový řetězec složení Fliccoat [16.].....	13
Obrázek 3: Teplotní degradace pájení OSP pro bezolovnaté pájky	14
Obrázek 4: Použité povrchové úpravy roku v roce 2006 a 2011	18
Obrázek 5: Blokové zapojení meniskografu [7.].....	23
Obrázek 6: Křivka rovnováhy smáčení [5.].....	24
Obrázek 7: Příklady průběhů časové závislosti smáčecí síly [5.].....	25
Obrázek 8: Sušička plošných spojů	27
Obrázek 9: Exsikátor	28
Obrázek 10: Pájecí profil přetavovací pece	29
Obrázek 11: Přetavovací pec DIMA SMRO 0180	29
Obrázek 12: Vzorek před ponořením do roztavené pájky	30
Obrázek 13: Zařízení pro měření smáčení metodou smáčecích vah.....	31
Obrázek 14: Poměr parametrů pro určení výsledné síly smáčení [15.]	33
Obrázek 15: Průběhy smáčecí síly u vzorku MEC SEAL bez tavidla.....	36
Obrázek 16: Průběhy smáčecí síly u vzorku GLICOAT F2 bez tavidla.....	37
Obrázek 17: Průběhy smáčecí síly u vzorku MEC SEAL s tavidlem.....	37
Obrázek 18: Průběhy smáčecí síly u vzorku GLICOAT F2 s tavidlem	38
Obrázek 19: Průběhy smáčecí síly u referenčních vzorků.....	39
Obrázek 20: Průběhy smáčecí síly po izotermálním stárnutím	39
Obrázek 21: Průběhy smáčecí síly po vystavení vzorků chladu.....	40
Obrázek 22: Průběhy smáčecí síly po jednom průchodu pájecí pecí.....	40
Obrázek 23: Průběhy smáčecí síly po dvou průchodech pájecí pecí.....	41
Obrázek 24: Průběhy smáčecí síly po vystavení vlivu rozpouštědla.....	41
Obrázek 25: Průběhy smáčecí síly po vystavení vlivu solné mlhy.....	42
Obrázek 26: Průběhy smáčecí síly po vystavení vlivu chladu a izotermálnímu stárnutí.....	42
Obrázek 27: Průběhy smáčecí síly po vystavení vlivu pájecí pece	43
Obrázek 28: Průběhy smáčecí síly referenčních vzorků a vystavení vzorků solné mlze	43
Obrázek 29: Referenční hodnoty smáčení OSP, ENIG, chemický cín.....	45
Obrázek 30: Izotermální hodnoty smáčení OSP, ENIG, chemický cín.....	45
Obrázek 31: Procesní hodnoty smáčení OSP, ENIG, chemický cín po řízeném stárnutí.....	46
Obrázek 32: ENIG – hodnoty smáčení po vystavení různým vlivům	46
Obrázek 33: Chemický cín – hodnoty smáčení po vystavení různým vlivům.....	47

Seznam tabulek

Tabulka 1: Celosvětová produkce povrchových úprav.....	18
Tabulka 2: Parametrické výsledky pro vzorek MEC SEAL za použití tavidla	34
Tabulka 3: Parametrické výsledky pro vzorek GLICOAT F2 za použití tavidla	34
Tabulka 4: Parametrické výsledky pro vzorek MEC SEAL bez tavidla	35
Tabulka 5: Parametrické výsledky pro vzorek GLICOAT F2 bez tavidla	35
Tabulka 6: Parametrické výsledky pro vzorek ENIG za použití tavidla	44
Tabulka 7: Parametrické výsledky pro vzorek chemického cínu za použití tavidla.....	44
Tabulka 8: Parametrické výsledky pro vzorek GLICOAT za použití tavidla.....	44

Úvod

Deska plošných spojů je v dnešní době základní stavební jednotkou veškeré elektroniky. Jednou z důležitých vlastností desky je její povrchová úprava. Povrchová úprava pak ovlivňuje její kvalitu. A na kvalitě záleží životnost celého přístroje nebo zařízení.

Nejdříve jsem se zabýval teoretickými informacemi o povrchových úpravách. Věnoval jsem se jednotlivým typům, jejich výrobními procesy, hlavními výhodami, nevýhodami a vzájemným porovnáním. Velký důraz se klade na bezolovnaté povrchové úpravy, které nezatěžují přírodní prostředí. V závěru jsem znázornil jejich celosvětové využívání.

V další části jsem se zabýval několika environmentálními vlivy, se kterými se běžně setkáváme. Tyto vlivy často výrazným způsobem zasahují při manipulaci s DPS. Pokusím se je nasimulovat v laboratorních podmínkách. Některé z připravených vzorků pak těmto vlivům vystavím.

Pro ověření pájitelnosti vzorků využiji metodu smáčecích vah, která měří působení sil při ponořování vzorku do roztavené pájky. Při vyhodnocení porovnávám laboratorně nanesené OSP a již technologicky zavedené nanášení OSP. Jako zajímavost zhodnotím vliv tavidla na smáčení povrchu.

Ve druhé části měření porovnám mezi sebou povrchové úpravy OSP, ENIG a chemicky nanesený cín. Stejnou metodou jako předešlé OSP.

1. Povrchové úpravy DPS

Povrchové úpravy slouží především jako ochrana plošného spoje před oxidací, zajišťuje dobrou pájitelnost a zajišťuje dlouhou dobu skladovatelnosti DPS. Výsledkem povrchové úpravy je vysoká spolehlivost pájeného spoje.

Všeobecné požadavky na volbu povrchové úpravy DPS :

Materiálová kompatibilita:

- chemicko-fyzikální kompatibilita s měděným povrchem DPS (dobrá smáčivost povrchů, slučitelnost s působením různých tavidel i ochranné atmosféry)
- kompatibilita s nepájivou maskou

Procesní kompatibilita:

- rovinnost povrchu
- tloušťka vrstvy 0,1 – 0,5 μm
- vhodnost pro aplikace s velmi jemnou roztečí vývodů (0,5 – 0,3 mm)
- možnost kontaktování
- malý teplotní stres substrátu
- snadné řízení procesu i údržba lázně
- teplotní odolnost povrchové úpravy DPS pro vícenásobný teplotní cyklus a dobré mechanické a elektrické vlastnosti v relaci k pracovním podmínkám
- dlouhodobá skladovatelnost i spolehlivost

Environmentální kompatibilita:

- netoxická povrchová úprava
- ekologické zpracování odpadních vod
- kompatibilita s environmentálními vlivy (migrace stříbra, růst intermetalických vrstev) [1.]

1.1 HAL (Hot Air Levelling)

HAL bývalo nejrozšířenější užívanou povrchovou úpravou desek. Žárové cínování-halování je technologický proces úpravy DPS nanesením pájky na povrch vodičů a pájecích oček. Slitina cín/olovo nebo bezolovnatá slitina cínu, která vyhovuje směrnici RoHS se obvykle nanáší procesem označovaným jako vyrovnávání pájky horkým vzduchem. Tuto techniku zpravidla používá výrobce desky a spočívá v tom, že se sestava svisle ponoří do roztavené slitiny, pomalu se vytáhne a pomocí nožů s horkým vzduchem se odfoukne přebytečná pájka. Výsledný povrch je relativně rovný a hodí se pro součástky až do rozteče kontaktů 1 mm - 0,040". Avšak v důsledku slučivosti slitiny Sn/ Pb s mědí, vlivu zemské tíže a směru působení vzduchového nože může být ploška zvýšená nebo klenutá. Tloušťka při vyrovnávání pájky horkým vzduchem se může měnit od 1 mm tam, kde deska vstupuje do vzduchového nože, až po 20 mm tam, kde jej opouští. Kromě toho, že to vede k potížím při tisku, může být tato skutečnost příčinou potíží při vsazování prvků s malou roztečí kontaktů (0,5 mm - 0,020"), protože vyklenutí může odchýlit křehké vývody mimo pájecí plošky. Byla vyvinuta metoda vodorovného vyrovnávání pájky horkým vzduchem, jež kombinuje snadné nanášení slitiny Sn/ Pb s rovňejším povrchem, vhodným pro součástky s malou roztečí kontaktů. Při této metodě se deska plošných spojů, vložená mezi dva síťové dopravníky, dopravuje skrze roztavenou slitinu, přičemž vzduchové nože i zde slouží k odstranění přebytečné slitiny, avšak zemská tíže nyní přispívá k vyrovnání povrchové úpravy. Pokovení obrazce a otvorů cínem se používá v mezioperaci výroby obrazce plošného spoje.

Nevýhody HALu:

- nedostatečná rovinnost pájecích ploch krytých pájkou 1 - 20 μm
- horší spolehlivost procesu
- teplotní šok DPS, deformace DPS
- nemožnost kontaktování vodičů
- nevhodné pro tenké DPS (pokud je tloušťka desky menší než 0,4 mm)
- nevhodnost pro HDI (pro velmi jemné rozteče)
- přítomnost olova v pájce (Sn/ Pb) [1.]

Výhody HALu:

- vynikající pájitelnost
- dlouhá doba skladovatelnosti – minimálně 12 měsíců
- možnost vícenásobného teplotního cyklu
- slitina Sn/ Pb je relativně levná
- možnost použít bezolovnatou slitinu Sn100C

1.2 ENIG (Electroless Nickel Immersion Gold)

ENIG se používá v průmyslu od roku 1990. ENIG vzniká nanesením chemického niklu (3 - 6 μm), poté na tuto vrstvu nanese zlatu (0,05 - 0,1 μm).

Nejznámější poruchou při výrobě se nazývá Black Pad (černá kontaktní ploška). Při ní se oddělí pájený spoj od vrstvy niklu.

Výhody:

- vynikající odolnost proti korozi
- dlouhá doba skladovatelnosti – minimálně 12 měsíců
- výborná rovinnost
- výborná pájitelnost
- možnost kontaktování
- bezolovnatá technologie
- možnost vícenásobného pájení

Nevýhody:

- dražší výroba
- výskyt "Black Pad" [4.]

1.3 OSP (Organic Solder Preservatives)

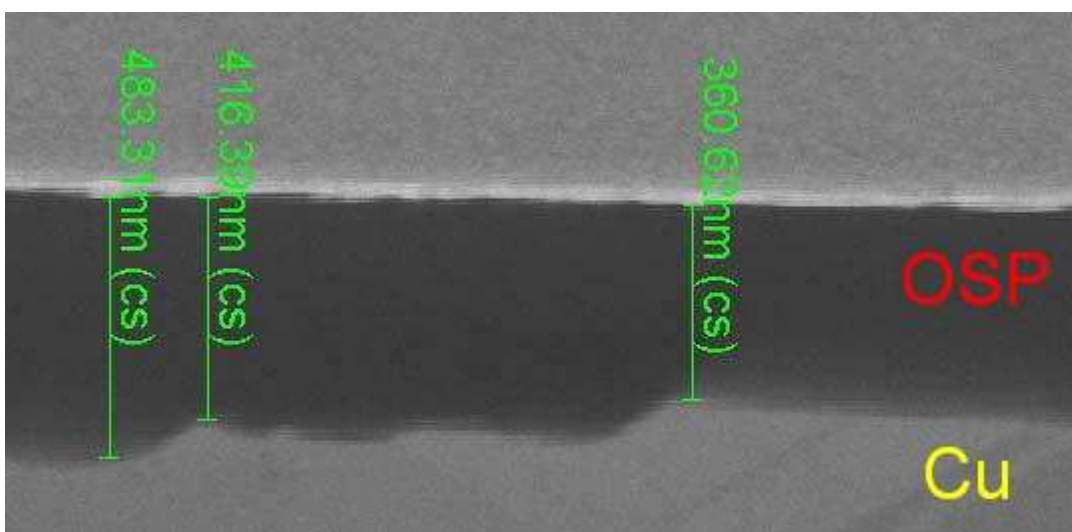
OSP je chemická metoda nanášení organických inhibitorů oxidace mědi na odhalený měděný povrch DPS, zpravidla po tisku nepájivé masky. Používají se látky na bázi benzoimidazolů. Vrstvy jsou fixovány slabými Van der Waalsovými silami [1.]. Tento povrch se používá nejvíce pro jednostranné desky. Metodu OSP lze použít i na vícevrstvé desky, ale ty mohou projít pouze dvěma procesy pájení. Průchod pájecím zařízením snižuje životnost vrstvy OSP a další pájení je nutno provést co nejdříve.

Výhody OSP:

- nevzniká intermetalická vrstva
- pájení za použití běžných tavidel
- bezolovnaté pájení
- pájení speciálních slitin
- levnější metoda výroby (o 25 % - 50 % oproti HALu)
- výborná rovinnost povrchu

Nevýhody OSP:

- krátká doba skladovatelnosti – minimálně 6 měsíců
- maximálně dvojnásobný teplotní cyklus
- nevhodný povrch pro press-fit aplikace

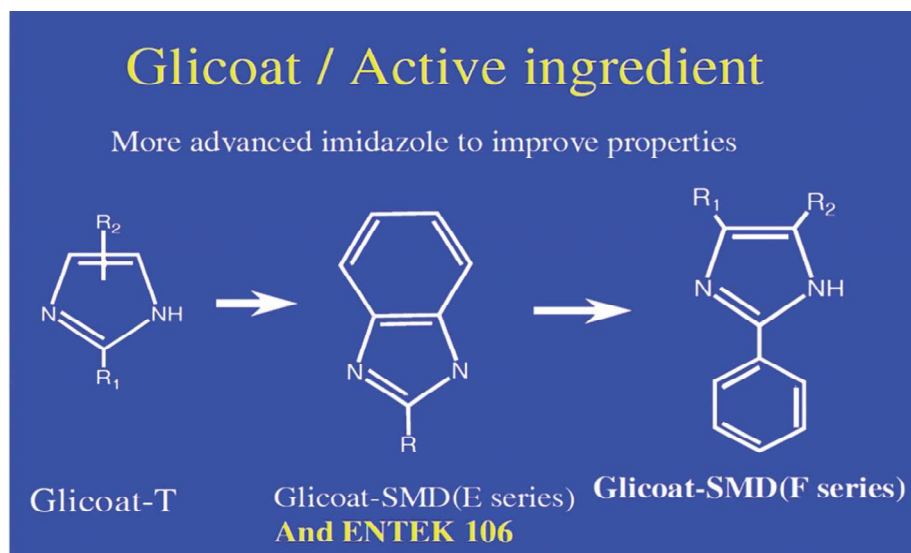


Obrázek 1: Šířka nanesené vrstvy OSP [13.]

1.3.1 GLICOAT F2

Jedná se novou generaci OSP, kterou vyrábí firma Shikoku Chemical Corporation v Japonsku. Tato povrchová úprav má mnoho výhod a je vhodná především pro bezolovnaté pájky.

Inhibitor oxidace mědi se vyznačuje vysokou tepelnou odolností danou poměrně vysokou molekulovou hmotností aryl-phenyl-imidazolového řetězce. Vazby jsou vytvářeny vodíkovými atomy k povrchu mědi, přičemž dochází omezeně k rozpouštění Cu do roztoku nebo u verze F2(LX) k ní nedochází vůbec. OSP F2(LX) navíc nedeponuje organický film na NiAu a jiné kovy. Jako rozpouštědlo aktivní složky se používá kyselina octová místo kyseliny mravenčí, přičemž kyselina octová má menší tendenci se vypařovat. Povlaky u typů F2 jsou tenké 0,1–0,2 mm.



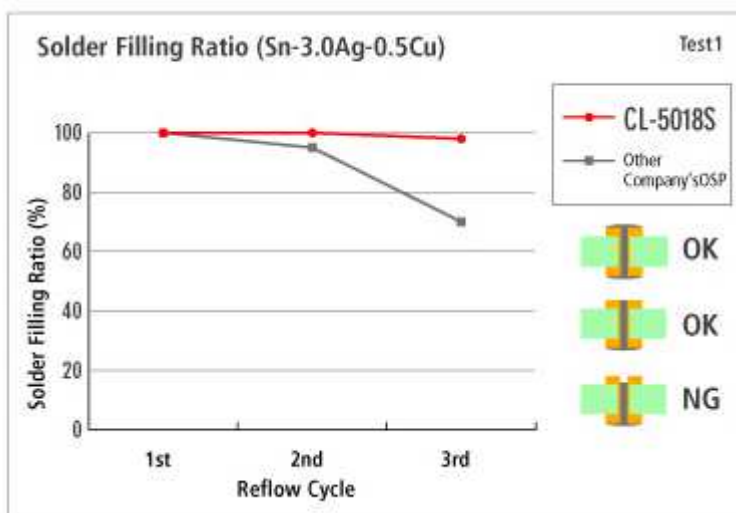
Obrázek 2: Aryl-phenyl-imidazolový řetězec složení Flicoat [16.]

V dřívější době velice oblíbená povrchová úprava HAL je vytlačována povrchovou úpravou OSP. Důvodů pro zavádění této povrchové úpravy je několik:

- environmentální procedura
- nutnost koplanární plochy
- nejnižší možná iontová kontaminace povrchu
- spolehlivost a náklady

1.3.2 MEC SEAL CL5018

MEC SEAL CL 5018 je teplovzdorná chemická sloučenina. Velice dobře rozpustná ve vodě. V porovnání s konvenčními alky-imidazolovými řetězci, je MEC SEAL méně pěnivý a nabízí vynikající tepelnou odolnost a smáčení při pájení. Zvláště jsou pozoruhodné krátké expoziční časy. MEC SEAL tvoří tepelně odolnou protikoroziční vrstvu jen na měděném povrchu. Protože se snadno kontroluje, poskytuje výbornou zpracovatelnost a bezpečnost.



Obrázek 3: Teplotní degradace pájení OSP pro bezolovnaté pájky

Tento test probíhal při teplotě 250 °C, proto nedochází k výrazným změnám při pájení.

Technologický postup nanesení vrstvy MEC SEAL je velice podobný postupu, při kterém se chemicky nanáší vrstva OSP – Gliccoat F2 .

- mikrolept MEC BRITE CA 92 (1 – 2 minuty při 25 °C)
- opláchneme vodou (po dobu minimálně 30 s)
- opláchneme teplou vodou (55 ° C po dobu 10 s)
- odstraníme vodu teplým vzduchem (40 - 60 °C)
- necháme působit MEC SEAL CL-5018 po dobu 30 sekund při 30 °C
- opláchneme vodou (po dobu minimálně 30 s)
- odstraníme vodu teplým vzduchem (40 - 60 °C)

1.4 Imerzní Sn (Immersion Tin)

Chemický cín (Ormecon) se vytváří selektivní metodou cínování měděných povrchů a odpovídá všem moderním požadavkům na plošné spoje. Jeho první složkou je disperze organického kovu, která se nanáší jako mezivrstva mezi měď a cín. To zajišťuje optimální přípravu pro následné chemické cínování. Tato mezivrstva o tloušťce 0,08 μm , zabraňuje difúzi mědi do cínu a udržuje tak schopnost pájení cínového povrchu po dobu potřebnou v praxi. Druhou složkou je chemická cínovací lázeň. Na již nanesenou mezivrstvu Ormeconu nanese tenkou, rovnoměrnou vrstvou cínu o síle 0,8 μm . Na rozdíl od známých lesklých povrchů HALu, vznikne zde matná, stříbřitá a rovná vrstva cínu. Tento povrch má proti ostatním metodám prakticky samé výhody. Vhodné je pouze pájení bezolovnatými přípravky a čisté zacházení s materiálem. Poměrně tenká vrstva kovu na mědi se může vlivem mastnoty z rukou rychleji narušit, proto je vhodné desky ihned po rozbalení osadit.

Výhody:

- výborná rovinnost povrchu
- dlouhá doba skladovatelnosti – minimálně 12 měsíců
- vícenásobný teplotní cyklus
- nižší náklady na výrobu oproti HALu
- jsou použitelné všechny běžné nepájivé masky jako ochrana před cínováním
- bezolovnatý proces
- umožňuje cínování i ohebných materiálů citlivých na tepelné zatížení [2.]

1.4.1 CSN-FF-W

U nanášení chemického cínu se využívá procedura zvaná CSN FF-W. Která má jasně dané postupy. Na začátku se využije kyselý čistič se speciálními odmašťovacími schopnostmi. Zvaný ACL 700. Čistí veškerý povrch desky od mastnoty a nečistot. Dokonce i zbytky po nepájivé masce.

Druhý předčišťovací roztok MET 7000 je kyselý čistič mědi, založený na peroxidu vodíku a kyselině sírové. Je perfektně vhodný pro použití při cínování, protože vytvoří na mědi hladký povrch, který je důležitý pro topografii konečné povrchové úpravy cínu. Průměrná míra leptání by měla být 0,8-2,4 mikrometrů během 1-2 minut.

Kyselý roztok OMP 7000 obsahující organický kov a je klíčem pro technologii chemického cínu. Tento roztok nanese velice tenkou (80 nm) vrstvu organického kovu selektivně na povrch mědi, což brání mědi zčernat a tudíž zajišťuje povrch bez skvrn při povrchové úpravě.

Poté následuje nanesení vrstvy cínu CSN 7004. Pro olovnatou verzi cínu se povrch nanáší po dobu 7 -11 minut. U bezolovnaté verze je doba delší 12-18 minut. Doporučená teplota roztoku cínu je 68 °C.

Zbytky cínu se ofouknou horkým vzduchem ve třech etapách, při teplotách 50- 60 °C. Následuje oplach v deionizované vodě a sušení při 80 °C.

Tloušťka roztoku je dána přáním zákazníkem. Nejmenší nanesená tloušťka vrstvy chemického cínu je 0,3 μm. Garantuje skladovatelnosti je 6měsíců, ale pouze jeden pájecí cyklus (reflow). U tloušťky vrstvy 1,2 μm je doba skladovatelnosti 12 měsíců. Počet pájecích cyklů může být 7.

1.5 Imerzní Ni/Au (Immersion Nickel/Gold)

Imerzní Ni/Au se používá jako hodnotnější náhrada HALu, pro jeho rovinnost. Po aktivaci povrchu mědi se chemicky nanese vrstva niklu (3 – 8 μm), která je dobře pájitelná, ale má snahu oxidovat a tím se jeho pájitelnost snižuje. Aby se zabránilo oxidaci, je na povrch niklu nanesena v chemické lázni vrstvička zlata (0,04 - 0,12 μm). Výsledná kvalita provedení je podmíněna tím, že se na povrch mědi vytvoří dostatečně silná vrstva kovu nebo organického povlaku. To je nutné pro zabránění difúze finálního povrchu zlata do vrstvy mědi. V opačném případě vznikne intermetalická vrstva, která je nepájitelná. Je to náročný a drahý výrobní proces. Kvůli absenci tavidel je nutné zvýšit teplotu pájení o 20 °C, což nemá příznivý vliv na součástky.

Výhody:

- rovinnost povrchu
- možnost kontaktování
- dobrá korozní odolnost
- použití v náročnějších aplikacích
- bezolovnatá technologie

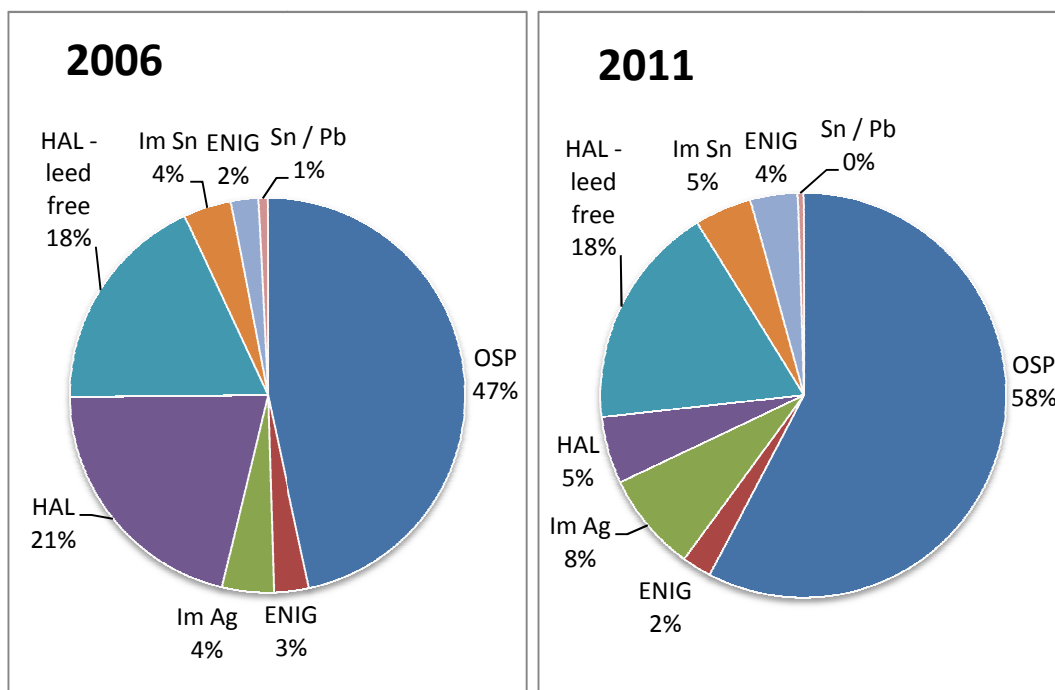
Nevýhody:

- difúze zlata z povrchu desky do spoje
- vytváření intermetalických sloučenin
- technologicky náročný a drahý výrobní proces
- nikl tlumí vysokofrekvenční obvody [3.]

1.6 Využití povrchových úprav ve světě

Povrchové úpravy	2006	2011
	Mm ²	Mm ²
OSP	115	184
ENIG	7,1	7,5
Im Ag	10,4	25,3
HAL	52,1	17,1
HAL - leed free	45	57,3
Im Sn	9,6	14,5
ENIG	5,5	12
Sn/ Pb	1,9	1,5
Celkový roční produkce (Mm ²)	246,6	319,2

Tabulka 1: Celosvětová produkce povrchových úprav



Obrázek 4: Použité povrchové úpravy roku v roce 2006 a 2011

2. Zkoušky vlivů prostředí

2.1 Zkouška A: Chlad

Tato zkouška má vliv na stanovení schopnosti součástí, zařízení nebo jiných předmětů, které jsou používány při nízké teplotě. Test je definován v ČSN EN 60068-2-1.

Vzorek se vloží do komory, kde je teplota stejná jako v laboratoři. Poté ji nastavíme na stupeň odpovídající přísnosti. Po dosažení teplotní rovnováhy zkušební vzorku s okolním ovzduším měříme teplotu na několika reprezentativních bodech, okolo vzorku a na něm.

U všech zkoušek je velice důležitá aklimatizace před a po zkoušce. Vzorek musí zůstat v běžných klimatických podmínkách, aby dosáhl teplotní rovnováhy, nejméně však 1 hodinu po provedení zkoušky. Tato časová podmínka platí i pro aklimatizaci před zkouškou.

Stupeň přísnosti je vyjádřen teplotou a dobou trvání expozice.

Zkušební teploty: -65 °C, -55 °C, -50 °C, -40 °C, -33 °C, -25 °C, -20 °C, -10 °C, -5 °C, 5 °C

Doba trvání: 2 h, 16 h, 72 h, 96 h.

Rychlost proudění vzduchu v peci se dělí:

- Vysoká- rychlost vzduchu v peci je taková, při které se teplota v libovolném bodě zkušební vzorku snižuje vlivem proudění o více než 5 °C.
- Nízká- rychlost vzduchu v peci je natolik nízká, že teplota v libovolném bodě zkušební vzorku se nesnižuje vlivem proudění o více jak 5 °C. [9.]

2.2 Zkouška B: Suché teplo

Tato zkouška stanovuje schopnosti součástí, zařízení nebo jiných předmětů tak, aby mohly být používány při vysoké teplotě.

Tato zkouška se zpracovává podle normy ČSN EN 60068-2-2.

Stupeň přísnosti je vyjádřen teplotou a dobou trvání expozice.

Zkušební teploty: 1000 °C, 800 °C, 630 °C, 500 °C, 400 °C, 315 °C, 250 °C, 200 °C, 175 °C, 155 °C, 125 °C, 100 °C, 85 °C, 70 °C, 65 °C, 60 °C, 55 °C, 50 °C, 45 °C, 40 °C, 35 °C, 30 °C

Doba trvání: 2 h, 16 h, 72 h, 96 h, 168 h, 240 h, 336 h, 1000 h.

Rychlost vzduchu proudění v peci má stejné parametry jako zkouška chladem.

Teplota se měří teplotními snímači v takové vzdálenosti od vzorku, aby byl vliv uvolňování tepla zanedbatelný. Proudění vzduchu v komoře se zapne, jakmile se dosáhne teplotní rovnováhy a změří se teploty reprezentativních bodů.

Absolutní vlhkost nesmí přesáhnout 20 g vodní páry na krychlový metr vzduchu, to odpovídá relativní vlhkosti přibližně 50 % při 35 °C. Podmínkou této zkoušky je, aby relativní vlhkost nepřekročila 50 %.

Tato zkouška se také nazývá izotermální stárnutí. [10.]

2.3 Zkouška XA: Ponoření do čistících rozpouštědel

Účelem zkoušky je určit povrchové účinky rozpouštědla a povrchovou ochranu elektronických součástek nebo desek plošných spojů.

Test je definován v ČSN EN 60068-2-45+A1.

Běžně se používají tři druhy rozpouštědel:

- směs látek trichlortrifluoretanu a izopropanolu v hmotnostním poměru $(75 \pm 5) \%$ a $(30 \pm 5) \%$
- technicky čistý izopropanol,
- destilovaná voda s rezistivitou maximálně $500 \Omega\text{m}$.

Na začátku zkoušky se vzorek důkladně prohlédne, a pak se celý ponoří do rozpouštědla. Doba ponoření je u všech rozpouštědel stejná: $(5,0 \pm 0,5)$ min.

Pro první dvě rozpouštědla musí být teplota rozpouštědel při zkoušce $(23 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$ u destilované vody $(55 \pm 5) \text{ }^\circ\text{C}$.

Po vyjmutí vzorku z rozpouštědla se vzorek nechá oschnout po dobu nejméně 5 minut. To platí pro obě metody testu. Druhá metoda je rozšířena o otírání vzorku smotkem vaty nebo hedvábného balicího papíru, aby se zjistila trvanlivost značení součástek. Celkem se působí deseti otíracími pohyby, pěti v jednom směru a pěti ve druhém směru. Četnost otírání je dva pohyby za sekundu. Přítlak otíracího smotku je $(5 \pm 0,5) \text{ N}$. [12.]

2.4 Zkouška Kb: Cyklická zkouška solnou mlhou

Tato zkouška je určena pro součástky nebo zařízení, která mají odolávat působení atmosféry obsahující sůl. Sůl může nepříznivě ovlivnit funkci částí vyrobených z kovových nebo nekovových materiálů.

Vzorek se umístí do solné komory a postříkuje se solným roztokem - 5 % chloridu sodného (NaCl), po dobu 2 h při teplotě 15 °C až 35 °C. Po uplynutí doby postřiku se vzorky přenesou do komory pro zkoušky vlhkým teplem. Uloží se po dobu udávající stupně přísnosti za podmínky teploty (40 ±2) °C a relativní vlhkosti vzduchu (93 ±2) %. Tento postup tvoří jeden cyklus.

Stupně přísnosti 1 a 2 se obvykle používají při všeobecné korozní zkoušce jako součást řízení jakosti. Jedná se o výrobky používané na moři, například lodní radar. Stupně přísnosti 3 až 6 jsou určeny pro výrobky, u kterých dochází k přechodu mezi atmosférou obsahující sůl a suchou atmosférou, například automobily.

- Stupeň přísnosti 1 – čtyři dvouhodinová období postřiku, po každém z období následuje uložení ve vlhku po dobu 7dnů.
- Stupeň přísnosti 2 – tři dvouhodinová období postřiku, po každém z období následuje uložení ve vlhku po dobu 20 h až 22 h.
- Stupeň přísnosti 3 – jeden zkušební cyklus se skládá ze čtyř dvouhodinových postřiků, po každém z období následuje uložení ve vlhku po dobu 20 h až 22 h, poté následuje uložení po dobu tří dnů v normálních podmínkách při teplotě (23 ±2) °C a vlhkosti vzduchu 45 až 55 %.
- Stupeň přísnosti 4 – dva zkušební cykly shodné se stupněm přísnosti 3.
- Stupeň přísnosti 5 – čtyři zkušební cykly shodné se stupněm přísnosti 3.
- Stupeň přísnosti 6 – osm zkušebních cyklů shodné se stupněm přísnosti 3 [11.].

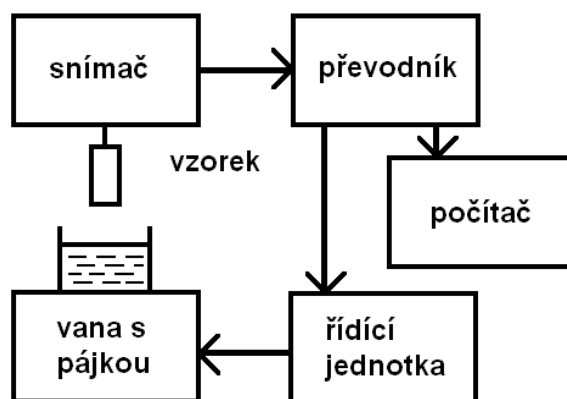
3. Princip metody smáčecích vah

3.1 Metoda smáčecích vah

Tato metoda zajišťuje kvantitativní výsledky, které jsou vhodné pro analýzu základních vlastností kontaktů součástek. Stejně jako v ponořovacím testu je lze použít pro charakteristiku pájitelnosti substrátů. Smáčecí váhy jsou velmi drahé a pro většinu firem nedostupné. Tento test je příznačný pro specializované laboratoře nebo velké firmy.

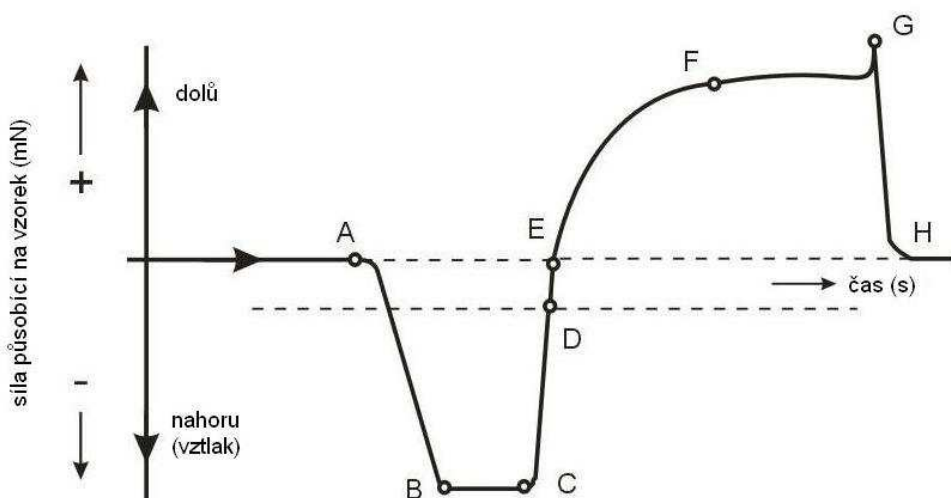
Test je definován v ČSN EN 60068-2-69 a ČSN 34 5791-2-54.[5.]

Testovaná součástka s naneseným tavidlem, případně kontaktem součástky, částí desky plošného spoje, popřípadě jiným typem zkoušené části, je zavěšena na siloměru nad nádobu s roztavenou pájkou. Zařízení je označováno jako “meniskograf”. Se stoupáním nádoby s pájkou se kontakt ponoří do pájky. Zařízení registruje síly působící na měřený prvek. Nádoba s roztavenou pájkou je na zdvihacím mechanismu ovládaném krokovým motorem. Elektronické řízení dovoluje měnit rychlost zdvihu a tím i rychlost ponoru. Teplota v lázni je udržována s přesností ± 1 °C. Jelikož všechny pohyby, teploty i čas jsou přesně řízeny a sledovány, je možné všechna měření přesně reprodukovat. Zapojení meniskografu je na Obrázku 3.



Vzorky se upevní pomocí speciálních nástavců a zavěsí na citlivý měřicí mechanismus testeru. Poté je zkoumaná část povrchu ponořena ve směru své podélné osy do roztavené pájky o dané konstantní teplotě.

Na Obrázku 4. je nakreslená obecná křivka smáčení. Počátek styku vzorku s pájkou je označen bodem A. Teplota vzorku je příliš nízká k podpoře smáčení, vzorek tudíž musí být vtlačován velkou silou. Sklon křivky mezi body A a B je dán rychlostí, jakou je vzorek ponořován. V bodě C pájka začíná smáčet vzorek. Nastává změna působící síly. Pájka nejprve vytlačuje vzorek směrem vzhůru, s postupujícím smáčením ho však začne povrchové napětí táhnout dolů do nádoby. Je nutné vyvinout určitou sílu na jeho vytažení – křivka A až F. Bod D je okamžik, kdy je povrch pájky kolmý k povrchu vzorku. Nazývaný jako korigovaná nula. [8.] V bodě E jsou síly působící na vzorek v rovnováze a výsledná síla je nulová. Časový interval B až C je dán tepelnou kapacitou vzorku a rychlostí přestupu tepla mezi pájkou a vzorkem. Tvar křivky C a F je dán rychlostí smáčení a má rozhodující význam pro určení kvality smáčitelnosti. Bod G je vrchol křivky a určuje, kdy došlo k úplnému vytažení vzorku z lázně. H je konečný stav.



Obrázek 6: Křivka rovnováhy smáčení [5.]

Důležitým bodem smáčení je bod E, při kterém se změří rovnovážná síla F [N]. Ta, je vyjádřena rovnicí (1):

$$F = \gamma p \cos\theta - v \rho g \quad (1)$$

kde: F – rovnovážná vztlaková síla [N]

γ – povrchové napětí roztavené pájky pod tavidlem [Nm^{-1}]

p – obvod vzorku [m]

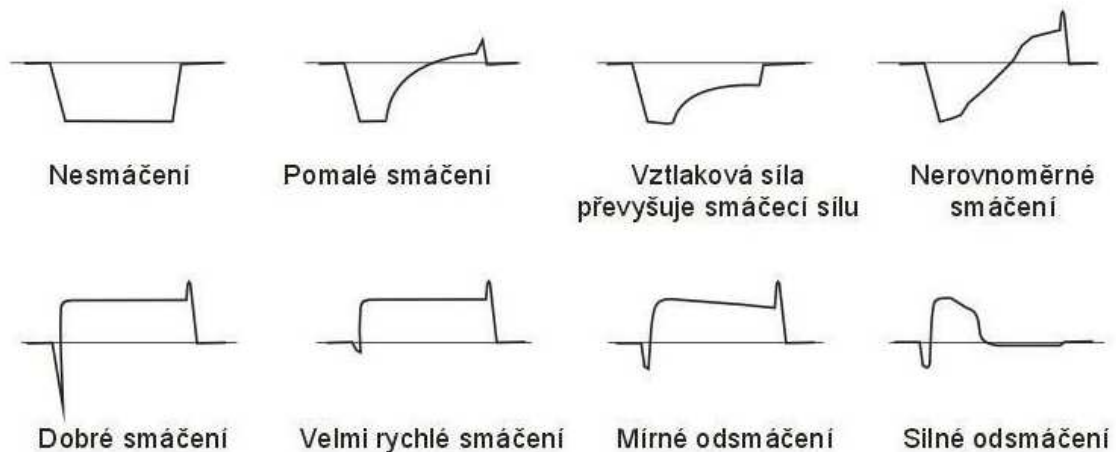
g – gravitační zrychlení 9,81 [ms^{-2}]

v – objem ponořené části vzorku [m^3]

θ – kontaktní úhel [$^\circ$]

ρ – hustota pájky [kgm^{-3}]

Tímto měřením jsme schopni velmi přesně stanovit smáčitelnost a rovněž i vliv dalších činitelů.



Obrázek 7: Příklady průběhů časové závislosti smáčecí síly [5.]

4. Návrh technologických experimentů a metodika provádění zkoušek

4.1 Nanosení povrchové úpravy OSP

Jako vhodný vzorek pro nanosení povrchové úpravy byl vybrán měděný drát o průměru 1mm. K dostání je pouze ve formě kabelu, který je nutné pro provedení testu odizolovat. Při odizolování byl kladen velký důraz na to, aby se odizolované části drátu zbytečně nedotýkaly špinavých, či jinak chemicky narušených míst. Kabel byl nastříhán na kusy o délce 18 cm. To je vhodná délka pro další technologický postup.

Doporučený postup:

1. Čištění kyselinou (ACID CLEAN), naředěnou v poměru 1:10 s deionizovanou vodou. Tato kyselina odstranila nečistoty a možnou oxidaci drátu. Délka čištění 60 - 120 s.
2. Opláchnutí vzorku pod proudem vody
3. Mikrolept kyselinou H_2SO_4 (MICROETCH), naředěnou v poměru 50 g na 1litr deionizované vody, doba leptání 60 s, množství odleptané mědi 1,5 - 2,5 μm .
4. Opláchnutí vzorku pod proudem vody
5. Ofouknutí studeným vzduchem – do sucha
6. Nanášení OSP (GLICOAT F2), při teplotě roztoku OSP 40 °C, pH 3,8 - 4, po dobu 60- 90 s.
7. Ofouknutí studeným vzduchem – do sucha
8. Opláchnutí vzorku v deionizované vodě – dvoufázově
9. Horkovzdušná sušička, 90 °C, 20 – 60 s.

Všechny plastové nádoby, které jsme použili při technologickém postupu, byly precizně vymyty a usušeny, aby nedošlo z žádné externí kontaminaci. Citlivá bývá především kapalina OSP, u které může dojít ke změně pH a tím i celkové velikosti nanesených inhibitorů. Čisticí prostředek ACID CLEAN – LC Copper Etch Cleaner slouží jako odmašťovadlo. U prvních vzorků jsem, v bodě 1., použil dobu čištění 70 s. Při oplachu vodou byla použita voda z vodovodního kohoutku.

Celková doba nanášení OSP byla 70 s. Teplotu kapaliny jsem měřil rtuťovým teploměrem. Stlačený vzduch v rozvodech nám zajistil dokonalé ofouknutí nanesených zbytků OSP. Využíval jsem tlak o velikosti 0,5 MPa. Tlak vzduchu byl korigován výpustným ventilem. Při omývání vzorků v deionizované vodě jsem použil kaskádový oplach, na který byly použity dvě plastové nádoby. Vzorek jsem poté vložil do vyhřáté sušičky a nechal sušit 30 s.

Druhým typem OSP je MEC SEAL CL 5018. Na rozdíl od předešlého OSP se nejedná o laboratorní nanesení úpravy, ale o zavedený technologický postup, který je zaveden již několik let. Tuto povrchovou úpravu nám zajistila společnost ČeMeBo Blansko.

4.2 Test suchým teplem

Před začátkem všech testů je velmi důležitá aklimatizace použitého vzorku. Vzorky byly ve stejné laboratoři připraveny již 24 hodin před začátkem všech environmentálních zkoušek. Díky vlivům aklimatizace se výsledky testů nijak neovlivnily.

Teplota v laboratoři byla 22 °C. Pro zkoušku izotermálního stárnutí, jsem použil sušičku HS61A. Kde jsem nastavil teplotu pece na 125 °C a nechal stárnout 1h. Po vyjmutí z pece je nutná opětá aklimatizace na teplotu laboratoře. Začátek testu smáčivosti jsem zahájil po 1 hodině po vyjmutí z pece.



Obrázek 8: Sušička plošných spojů

4.3 Test chladem

Pro test chladem jsem vybral chladicí zařízení, které dokáže udržovat konstantní teplotu $-21\text{ }^{\circ}\text{C}$. Rychlost proudění vzduchu byla nízká. Vzorky jsem vystavil vlivu nízké teploty po dobu 2 h a 8 h. Měření metodou smáčecích vah probíhalo vždy druhý den, obával jsem se, že hodinová aklimatizace nemusí být dostatečná, pro objektivní porovnání.

4.4 Test solnou mlhou.

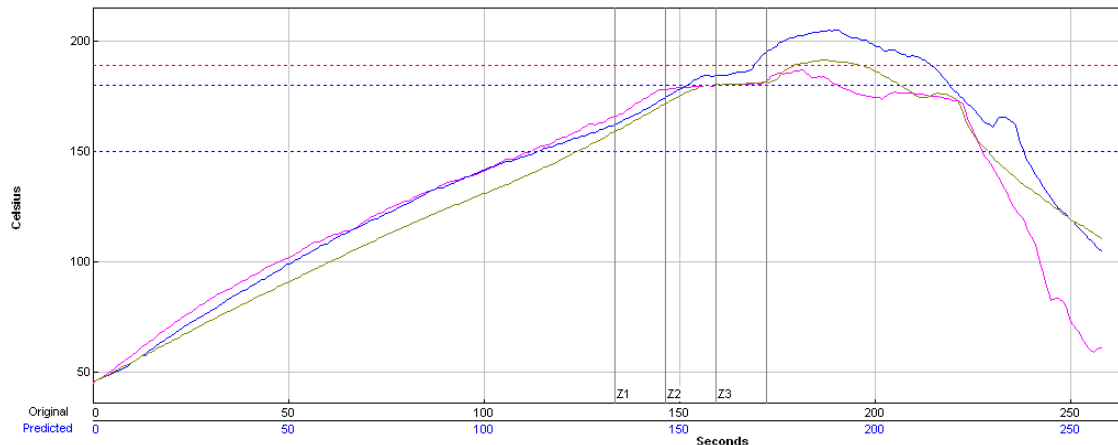
U testu solnou mlhou jsem zaexperimentoval, protože v okolí nebyla žádná zařízení, která by mohla tuhle zkoušku simulovat. Použil jsem rozprašovač a exsikátor. Přes přesné měřicí váhy jsem si do kádinky nasypal 25 g NaCl. Po zalití vodou a rozpuštění soli ve vodě jsem 5% přípravek přelil do rozprašovače. Do exsikátoru jsem vložil vzorky a několikrát aplikoval postřík. A poté zavřel na 30 minut v exsikátoru. Tento postřík i dobu působení jsem aplikoval celkem 4x. Po vyjmutí z exsikátoru bylo na povrchu vzorků velké množství kapiček, proto jsem vzorky opláchl v kaskádě deionizované vody. Ta narušila vazby kapek a vzorku. Po oplachu jsem využil stlačený vzduch a zajistil dokonalé ofouknutí. Tím byly vzorky připraveny k měření.



Obrázek 9: Exsikátor

4.5 Test pájením přetavením

Vzorky jsem nechal řízeně stárnout v infra peci s definovaným teplotním profilem. Nastavení pece - 280 °C, 300 °C, 380 °C a rychlost posunu dopravníku 10. Protože dochází k velkým změnám vlastností při průchodu pájecí pecí, polovinu vzorků jsem nechal řízeně stárnout v infra peci (reflow) dvakrát.



Obrázek 10: Pájecí profil přetavovací pece



Obrázek 11: Přetavovací pec DIMA SMRO 0180

4.6 Test vlivu rozpouštědla

Pro simulaci zkoušky vlivu rozpouštědla jsem použil 100% izopropylalkohol (IPA). Do plastové nádoby jsem nalil tekutinu v množství, které zaručovalo, že vzorky byly po celou dobu zcela ponořené. Celková doba ponoření v rozpouštědlu byla 5 minut. Po vyjmutí z vaničky jsem vzorky protřpal na vzduchu, abych se zbavil přebytečných kapek a lehce je ofoukl výše zmiňovaným rozvodem stlačeného vzduchu.

4.7 Měření a zpracování hodnot

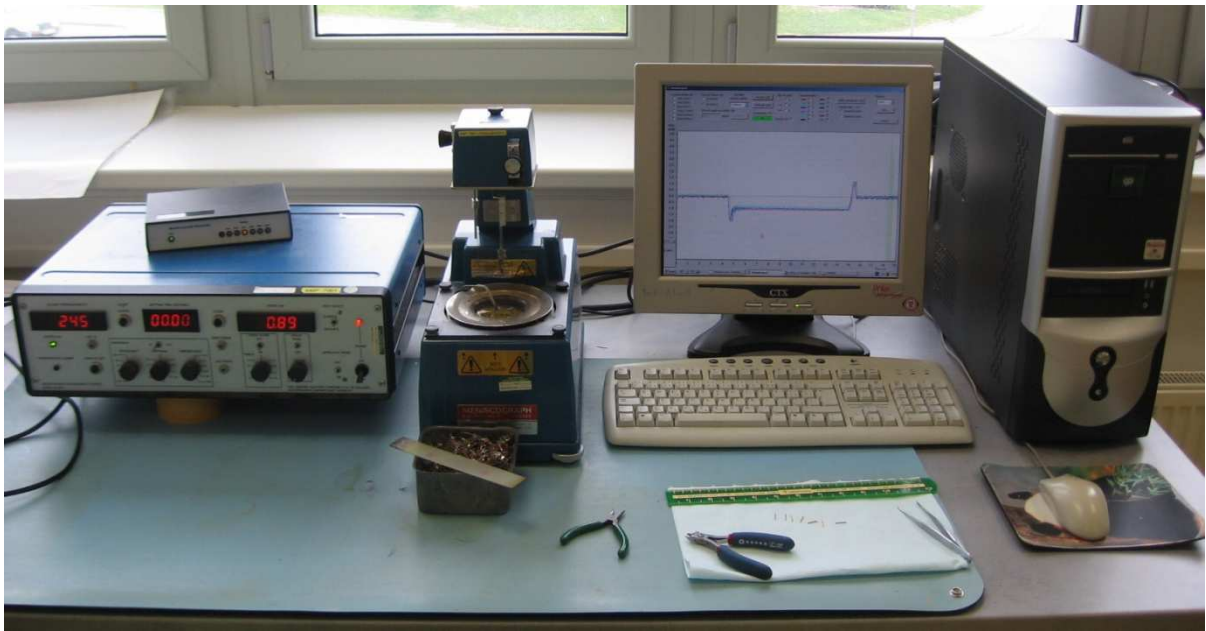
Všechny povrchové úpravy byly nanесeny v jednom dni. Potom, co jsem veškeré vzorky vystavil environmentálním vlivům ve školních laboratořích FEKT, jsem pomocí metody smáčecích vah začal získávat výsledky smáčivosti.

Každý vzorek jsem rozdělil v průměru na 12 částí. Vkládání vzorků do držáku jsem prováděl pinzetou, abych zamezil styku měřené části s jakoukoliv nečistotou. U první série měření jsem používal bavlněné rukavice. Bohužel mě to omezovalo v rychlé a snadné manipulaci se vzorkem. Vyčnívající konec jsem zakrátil precizními štípačkami a tím jsem měl zajištěný kolmý řez a stejný tvar všech vzorků.



Obrázek 12: Vzorek před ponořením do roztavené pájky

Na měřicím pracovišti se nacházelo: tavidlo, držák kontaktů, vanička s pájkou SAC 305, řídicí jednotka a počítač. Tavidlo bylo vytvořeno z 25 % podílu práškové kalafuny a 75 % podílu izopropylalkoholu (IPA). Na řídicí jednotce jsem mohl volit několik nastavení. Důležitými parametry byly: teplota pájky – nastavil jsem 245 °C, hloubka ponoru – 3 mm, rychlost ponoru – 10 mm/s. Řídicí jednotka zpracovávala velikost měřené síly působící na smáčený kontakt a počítač v reálném čase zobrazoval velikost měřené síly a ukládal měřená data do souboru pro další zpracování. V programu jsem měl nastaveno zobrazované měřítko smáčecí síly 5 mN. Velikost časové osy byla 20 s.



Obrázek 13: Zařízení pro měření smáčení metodou smáčecích vah

Na měřený vzorek působí dvě síly. Vztlková a smáčecí síla. Výslednice těchto dvou sil se nazývá rovnovážná síla F . Tyto síly působí navzájem proti sobě.

$$F = F_s - F_{vz} \quad (2)$$

Pro určení velikosti vztlkové síly působící na ponořenou část vzorku slouží vztah vycházející z Archimédova zákona. Těleso ponořené do kapaliny je nadlehčováno silou, která se rovná tíze objemu pájky vytlačené.

Velikost vztlakové síly:

$$F_{vz} = v\rho g \quad (3)$$

v – objem ponořené části vzorku, při hloubce ponoru 3mm a průměru drátu 1mm

ρ – hustota bezolovnaté pájky SAC 305 při teplotě 240 °C je 7020 kgm⁻³

g – gravitační zrychlení 9,81 ms⁻²

$$F_{vz} = v\rho g = \frac{\pi d^2 \rho g}{4} = \frac{3,14 \cdot 1^2 \cdot 7020 \cdot 9,81}{4} = 0,1623 \text{ mN} \quad (4)$$

Hodnota korigované nuly je okamžik, kdy je povrch pájky kolmý k povrchu vzorku. To znamená že, hodnota vztlakové síly F_{vz} je stejně velká jako smáčecí síla F_s .

Pro hodnota smáčecí síly platí následující rovnice:

$$F_s = p\gamma \cos(\theta) \quad (5)$$

p – obvod vzorku ponořený do roztavené pájky

γ – povrchové napětí roztavené pájky pod tavidlem

θ – kontaktní úhel

Kontaktní úhel se velice těžko měří, ale tuto hodnotu pro celkový výsledek měření nepotřebuji znát. Metoda smáčecích vah měří rovnovážnou sílu F .

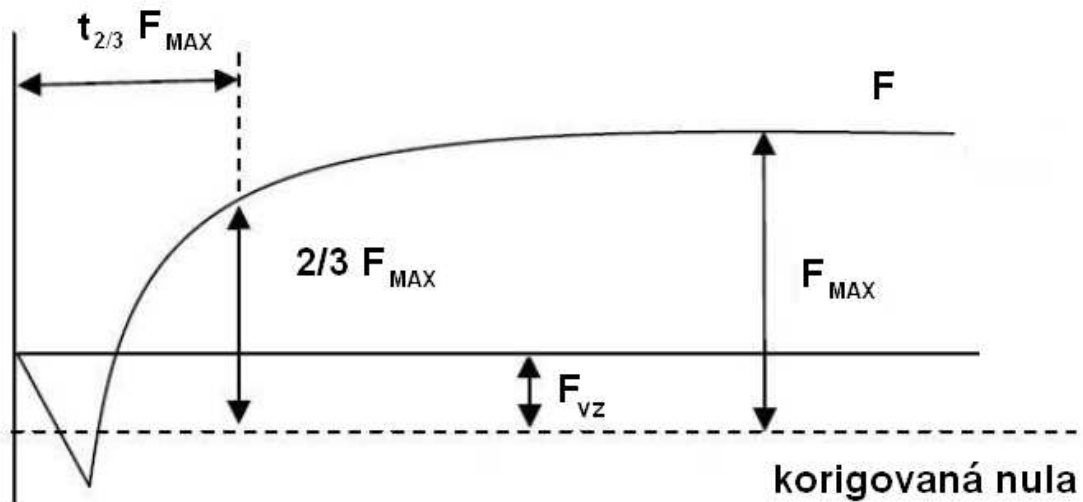
Pro porovnání naměřených výsledků využiji parametry hodnot smáčení, které jsou zobrazeny na Obrázek 14: **Poměr parametrů pro určení výsledné síly smáčení [15.]**. Jedná se o sílu $2/3 F_{\max}$ a čas $t_{2/3} F_{\max}$.

F_{\max} – maximální smáčecí síla

F_{vz} – vztlaková síla

$2/3 F_{\max}$ - velikost 2/3 smáčecí síly

$t_{2/3} F_{\max}$ – čas, kdy smáčecí síla dosáhne 2/3 maximální smáčecí síly



Obrázek 14: Poměr parametrů pro určení výsledné síly smáčení [15.]

Hodnotu F_{\max} zjistím jednoduše, sečtením rovnovážné síly F a vztlakové síly F_{vz} .

Jelikož hodnota F_{\max} a $t_{2/3} F_{\max}$ jsou rozdílné. Zavádí se koeficient K , pro který platí rovnice:

$$K = \frac{F_{\max}}{t_{2/3}} \quad (6)$$

Rozměr koeficientu je:

$$[K] = \frac{\text{mN}}{\text{ms}} = \text{Ns}^{-1} \quad (7)$$

5. Výsledky měřených testů

5.1 Tabulky smáčení vzorků OSP

Povrchové úpravy mají významný vliv na zlepšení smáčivosti povrchu. Referenční drát bez povrchové úpravy dosáhl smáčecí síly $2/3 F_{\max} = 0,533 \text{ mN}$ a hodnoty času smáčení pro $t_{2/3 F_{\max}} = 2740 \text{ ms}$. Výsledná hodnota koeficientu pro drát bez povrchové úpravy je:

$$K = 0,195 \text{ Ns}^{-1}.$$

Při srovnání výsledků se oběma povrchovými úpravami, jsem ve výše uvedeném případě získal několikanásobně lepší výsledky smáčení. Tedy jsem porovnával jen ty, u kterých jsem použil tavidlo. Viz Obrázek 17: **Průběhy smáčecí síly u vzorku MEC SEAL s tavidlem**. V tabulkách mám zaznamenané hodnoty pro výpočet koeficientu K . I z těchto hodnot lze vysledovat a vyhodnotit výsledky smáčení.

Vzorek MEC SEAL CL 5018			
Environmentální vlivy (s tavidlem)	$2/3 F_{\max}$ [mN]	$t_{2/3 F_{\max}}$ [ms]	K [Ns^{-1}]
Referenční hodnota	0,632	980	0,645
Izotermální stárnutí	0,623	1860	0,335
Chlad	0,530	1370	0,387
Reflow 1x	0,547	1340	0,408
Reflow 2x	0,563	1820	0,309
Rozpouštědlo	0,542	1040	0,521
Solná mlha	0,660	1010	0,653

Tabulka 2: Parametrické výsledky pro vzorek MEC SEAL za použití tavidla

Vzorek GLICOAT F2			
Environmentální vlivy (s tavidlem)	$2/3 * F_{\max}$ [mN]	$t * 2/3 F_{\max}$ [ms]	K [Ns^{-1}]
Referenční hodnota	0,707	960	0,736
Izotermální stárnutí	0,701	1900	0,369
Chlad	0,681	1030	0,661
Reflow 1x	0,709	1220	0,581
Reflow 2x	0,675	1500	0,450
Rozpouštědlo	0,698	1020	0,684
Solná mlha	0,707	870	0,812

Tabulka 3: Parametrické výsledky pro vzorek GLICOAT F2 za použití tavidla

U výsledků měření bez použití tavidla vzniká problém se zápornou hodnotou smáčecí síly a tím k nesprávnému odečtu hodnot času $t_{2/3} F_{\max}$. Proto jsem je do tabulek nezapsal. Výsledky jsem blíže nehodnotil, protože se vzorky kromě jediné výjimky nesmáčely.

Vzorek MEC SEAL CL 5018			
Environmentální vlivy (bez tavidla)	F_{\max} [mN]	$t_{2/3} F_{\max}$ [ms]	K [Ns⁻¹]
Referenční hodnota	-0,648	-	-
Izotermální stárnutí	-0,711	-	-
Chlad	-0,639	-	-
Reflow 1x	-0,749	-	-
Reflow 2x	-0,824	-	-
Rozpouštědlo	-0,753	-	-
Solná mlha	-0,672	-	-

Tabulka 4: Parametrické výsledky pro vzorek MEC SEAL bez tavidla

Vzorek GLICOAT F2			
Environmentální vlivy (bez tavidla)	$2/3 F_{\max}$ [mN]	$t_{2/3} F_{\max}$ [ms]	K [Ns⁻¹]
Referenční hodnota	0,336	750	0,448
	F_{\max} [mN]		
Izotermální stárnutí	-0,732	-	-
Chlad	-0,521	-	-
Reflow 1x	-0,786	-	-
Reflow 2x	-0,665	-	-
Rozpouštědlo	-0,511	-	-
Solná mlha	-0,638	-	-

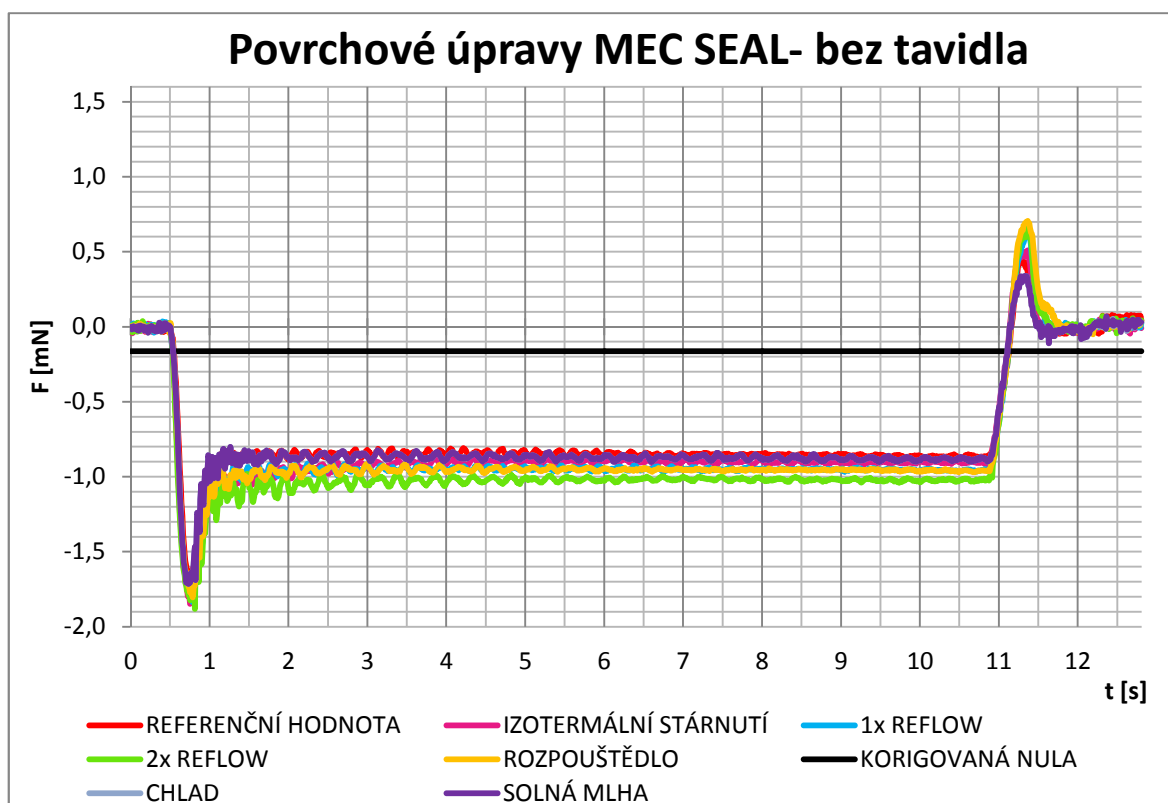
Tabulka 5: Parametrické výsledky pro vzorek GLICOAT F2 bez tavidla

Pouze u referenčního vzorku GLICOAT F2 měření prokázalo významně dobré smáčení i bez použití tavidla. To je díky tomu, že se jedná o jednu z posledních generací vývoje povrchové úpravy OSP. Je to dáno tím, že se velice dobře váže na měděný povrch a přitom neovlivňuje jiné kovy, jako je cín nebo zlato. Vzniklá vrstva je velice tenká a účinná, že k její aktivaci postačí velice malé množství tavidla.

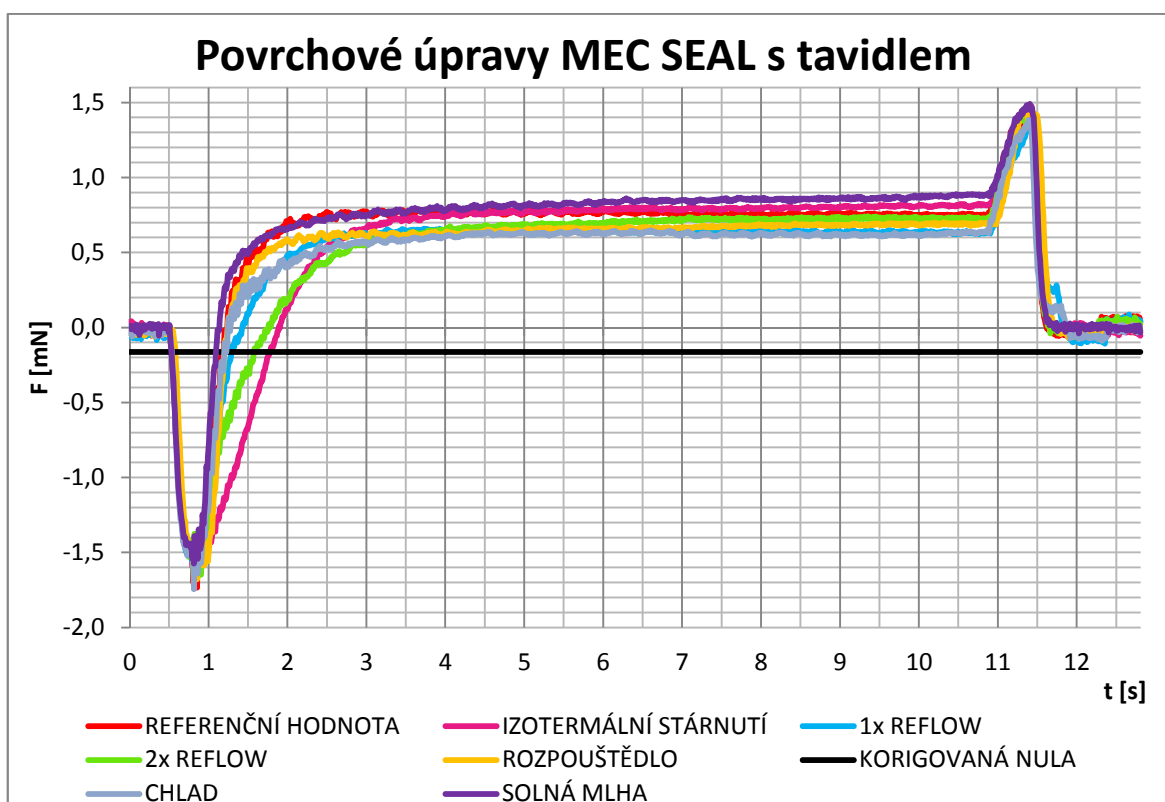
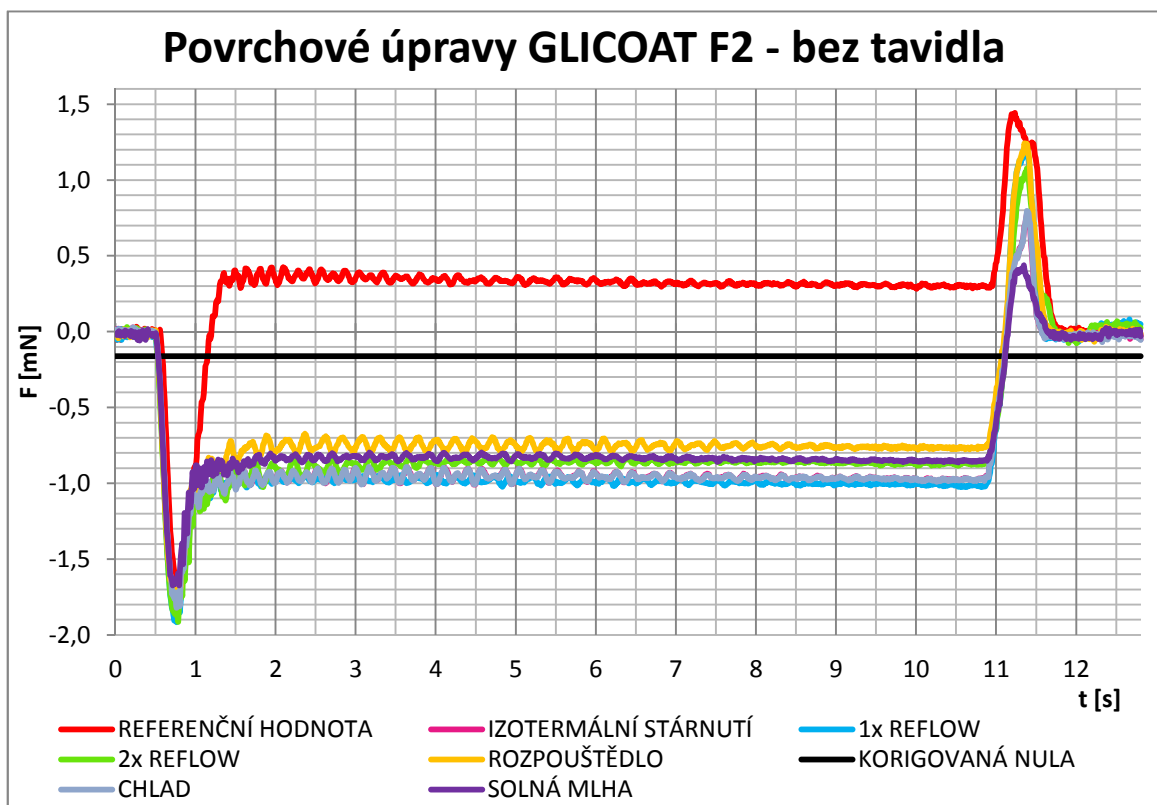
5.2 Grafy smáčení OSP

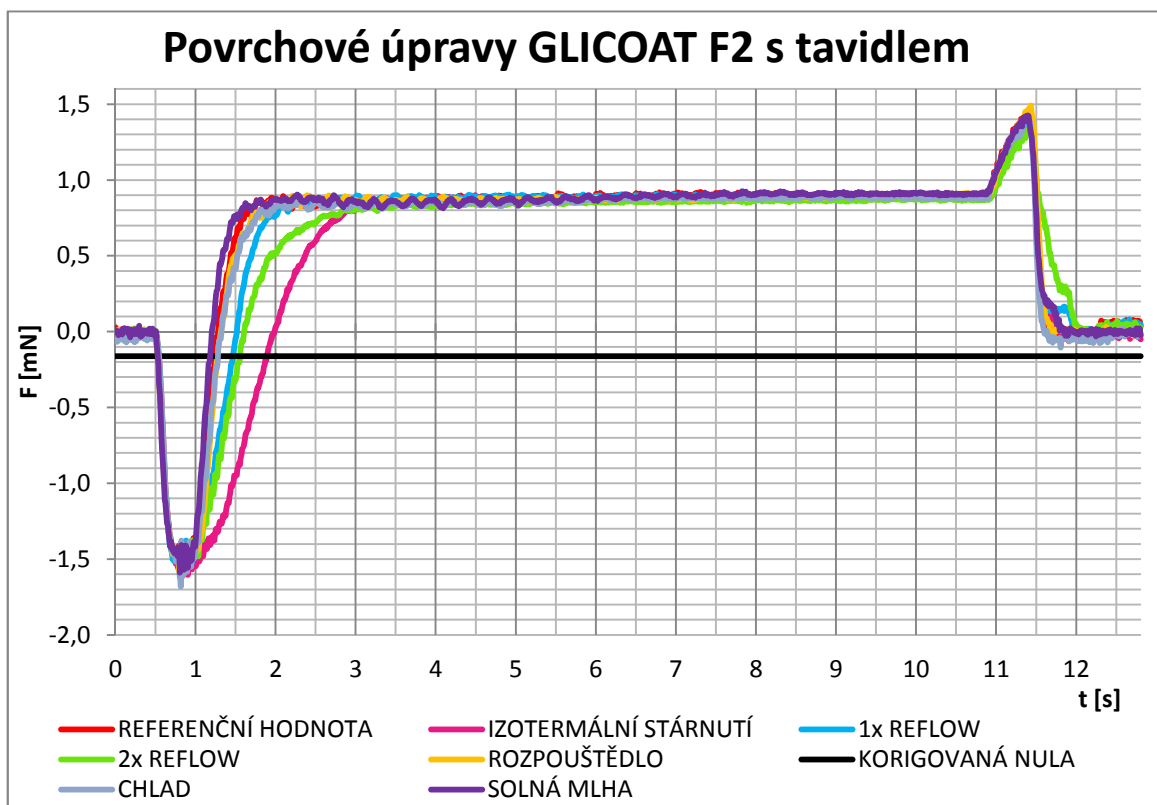
Výsledné grafy jsem dělal průměrně z 10 hodnot, aby se zamezilo vzniku náhodných výsledků měření. Dva vzorky navíc sloužily jako záložní, protože se občas stalo, že se měřený vzorek ponořil do roztaveného cínu mnohem hlouběji, než jak jsem měl na přístroji nastaveno.

Na prvních čtyřech grafech jsem lepší porovnání zobrazil jednotlivé vzorky vystavené environmentálním a procesním vlivům a zároveň vlivům tavidla.



Obrázek 15: Průběhy smáčecí síly u vzorku MEC SEAL bez tavidla



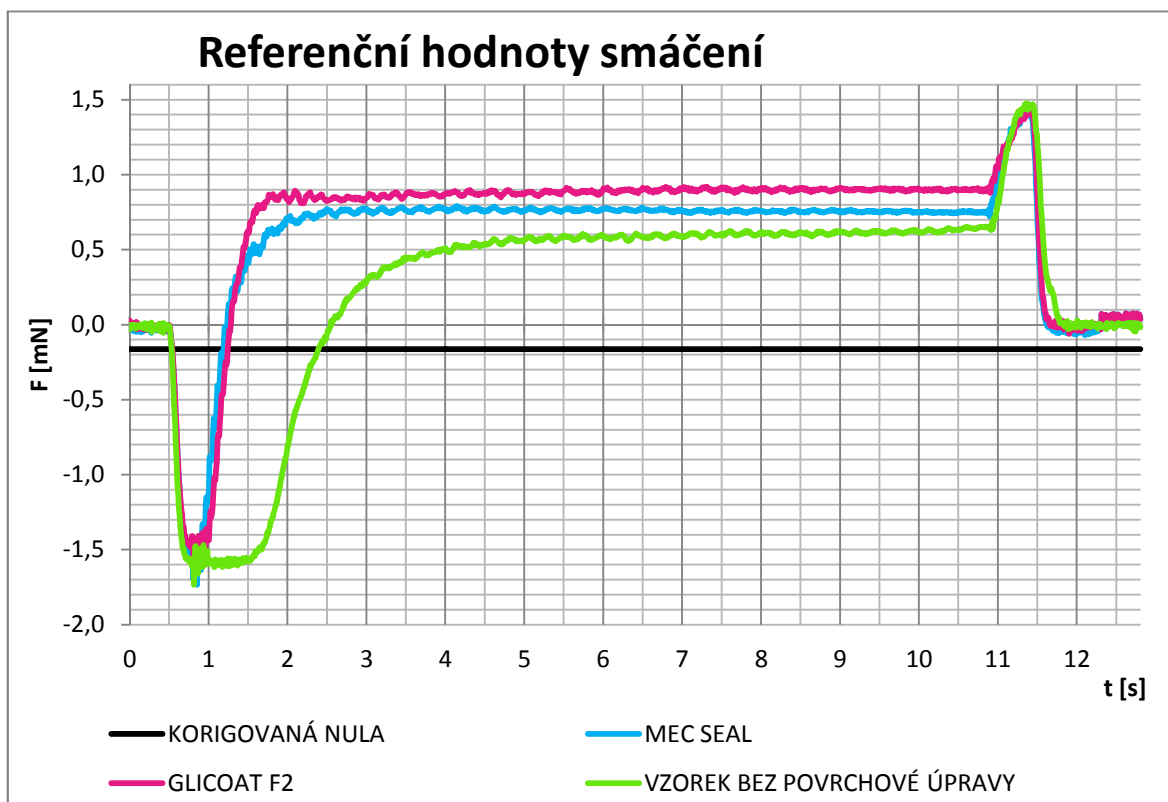


Obrázek 18: Průběhy smáčecí síly u vzorku GLICOAT F2 s tavidlem

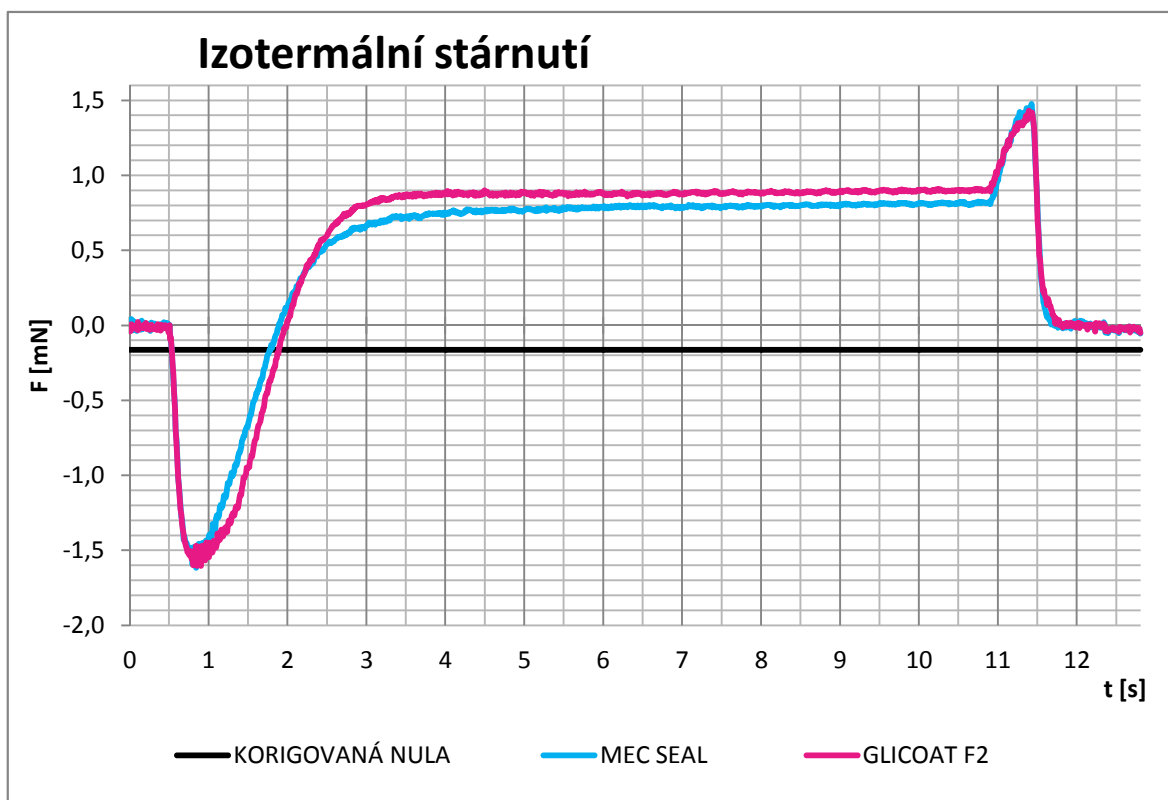
Tyto společné grafy jsou nejjednoznačnější pro určení, který vliv narušil funkci smáčení nejvíce. Při bližším porovnání dosahuje nejnižší smáčivost vzorek, vystavený izotermální stárnutí. Další zhoršené smáčivosti se projeví u procesního vlivu pájecí pece a také chladu. Naopak přínosem pro lepší smáčivosti je krátkodobý vliv solné mlhy, která v parametrech předčila i referenční hodnotu smáčení.

Na dalších grafech jsem zobrazil jednotlivé vlivy, které působily na různě povrchově upravené OSP vzorky.

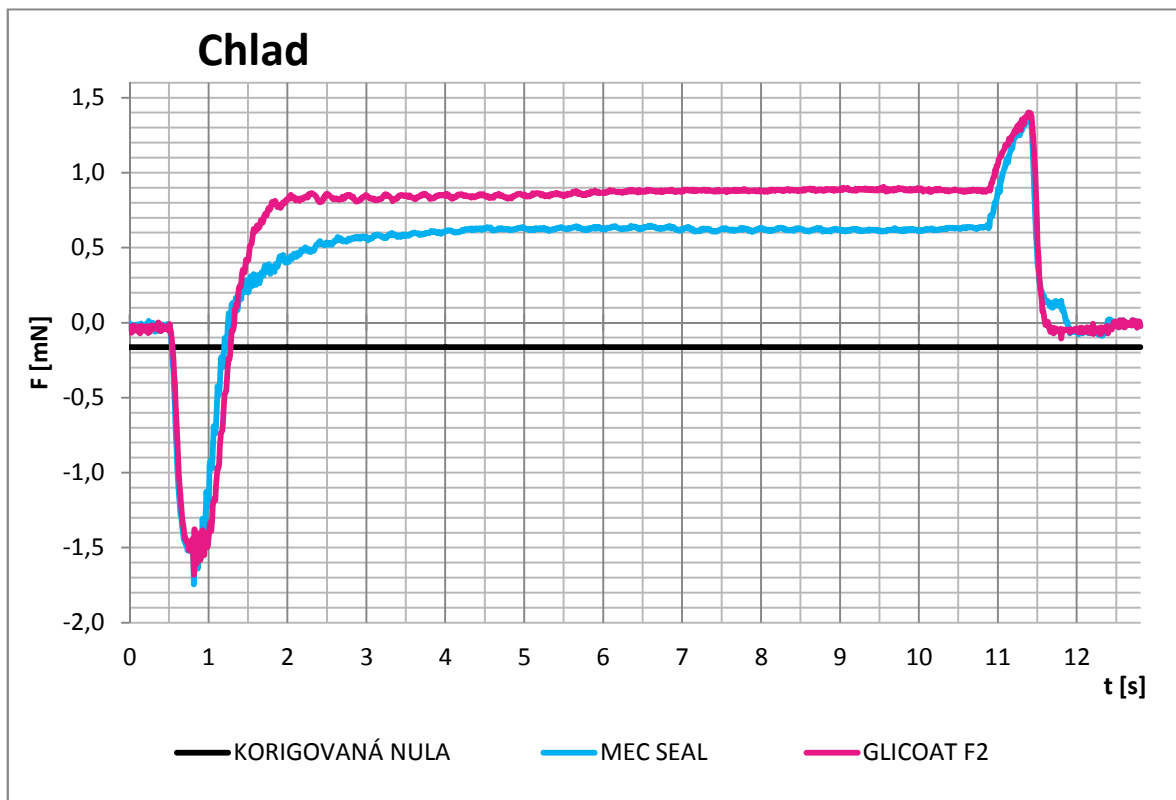
Na Obrázek 19: **Průběhy smáčecí síly u referenčních vzorků** je navíc zobrazen graf smáčení pro vzorek, který neměl žádnou povrchovou úpravu a neprošel žádným testem. Na těchto grafech lze jednoduše pozorovat, jaký vliv na pájitelnost mají environmentální vlivy a procesní vlivy na rozdílné nanesené typy OSP.



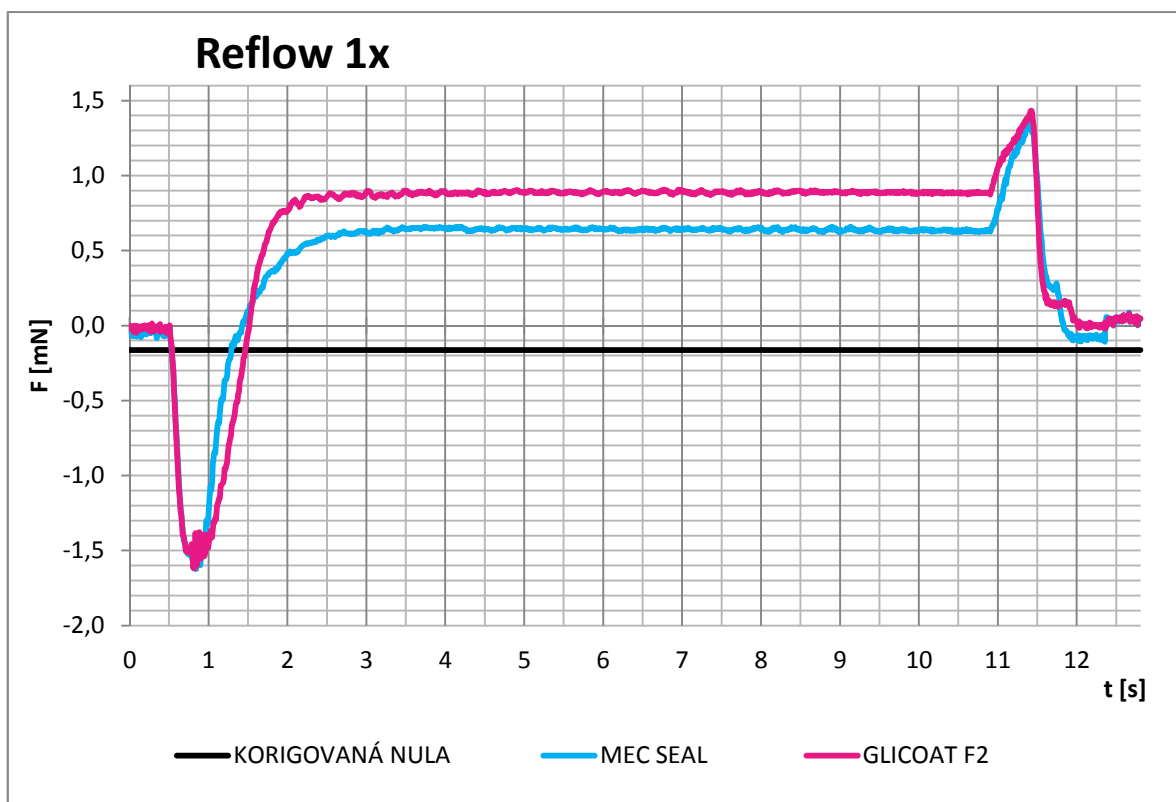
Obrázek 19: Průběhy smáčecí síly u referenčních vzorků



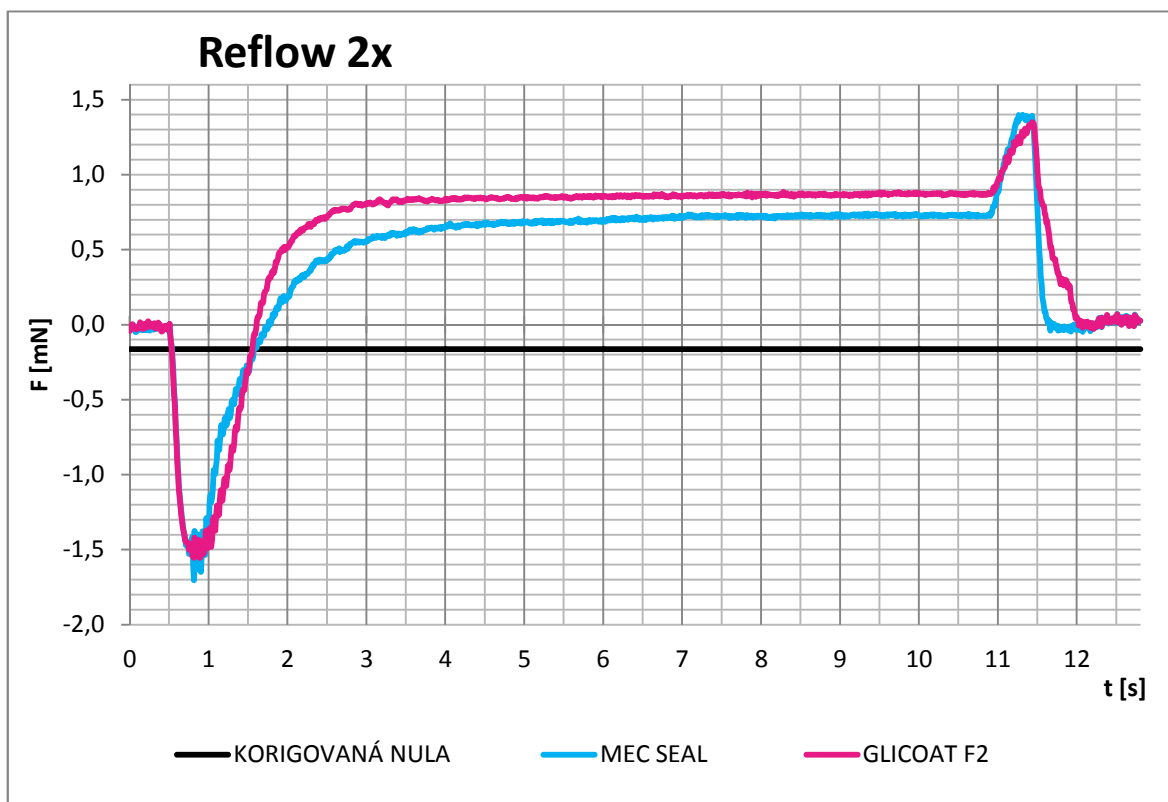
Obrázek 20: Průběhy smáčecí síly po izotermálním stárnutí



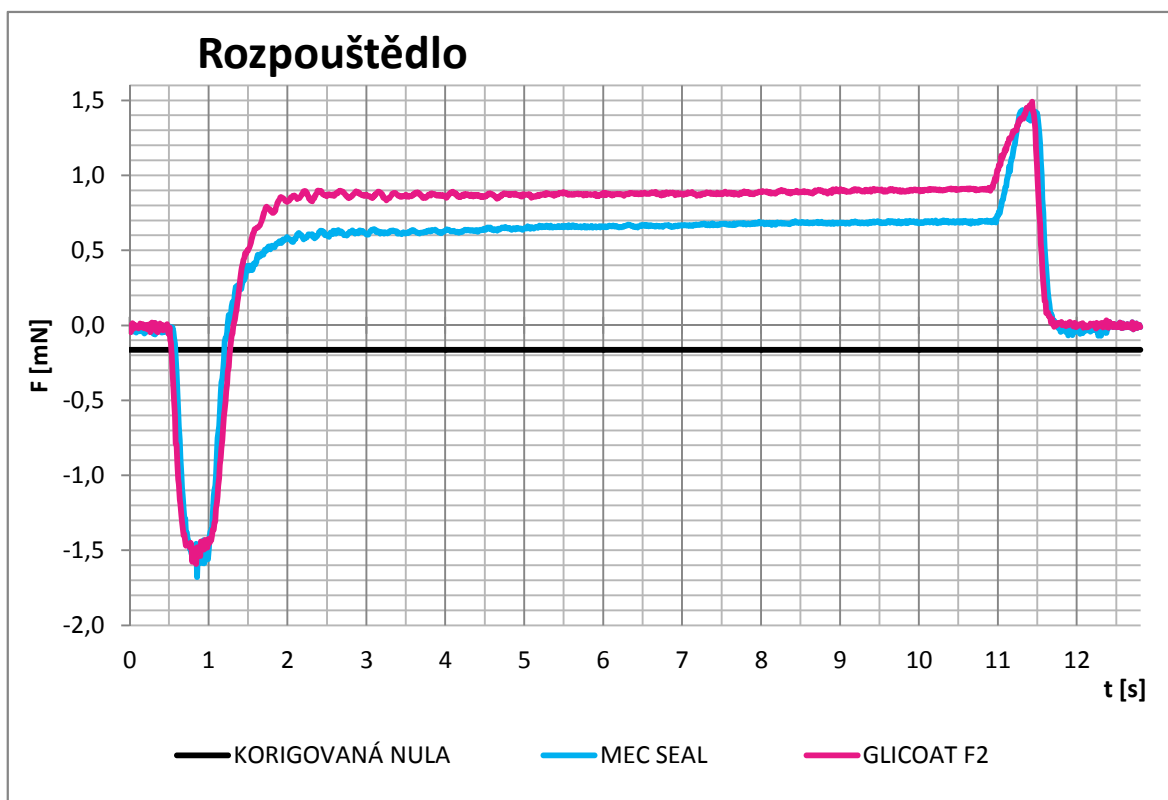
Obrázek 21: Průběhy smáčecí síly po vystavení vzorků chladu



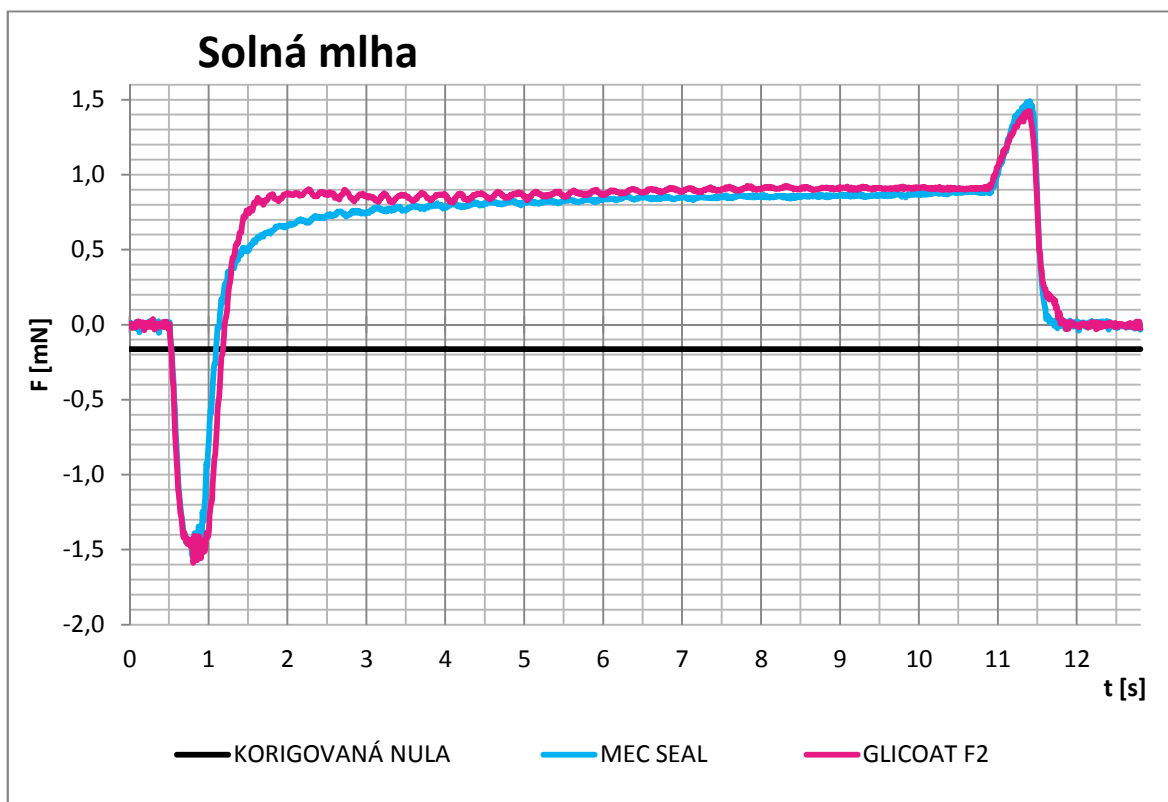
Obrázek 22: Průběhy smáčecí síly po jednom průchodu pájecí pecí



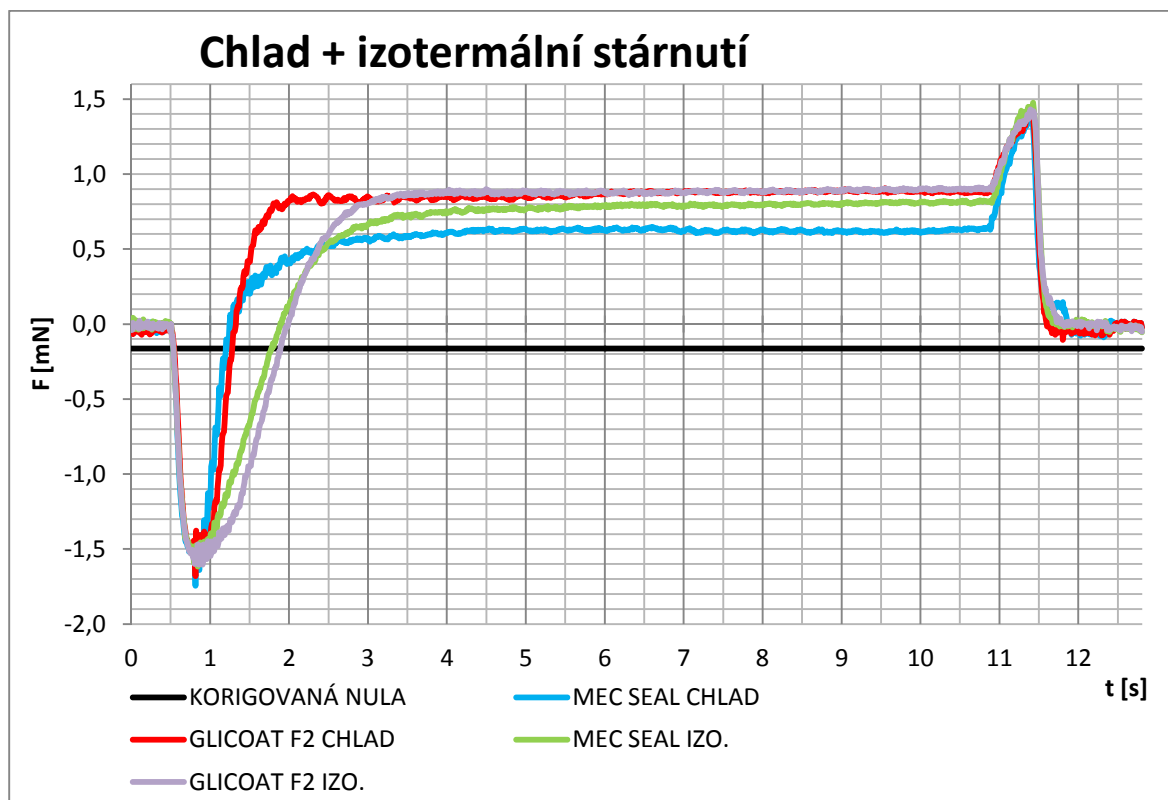
Obrázek 23: Průběhy smáčecí síly po dvou průchodech pájecí pecí



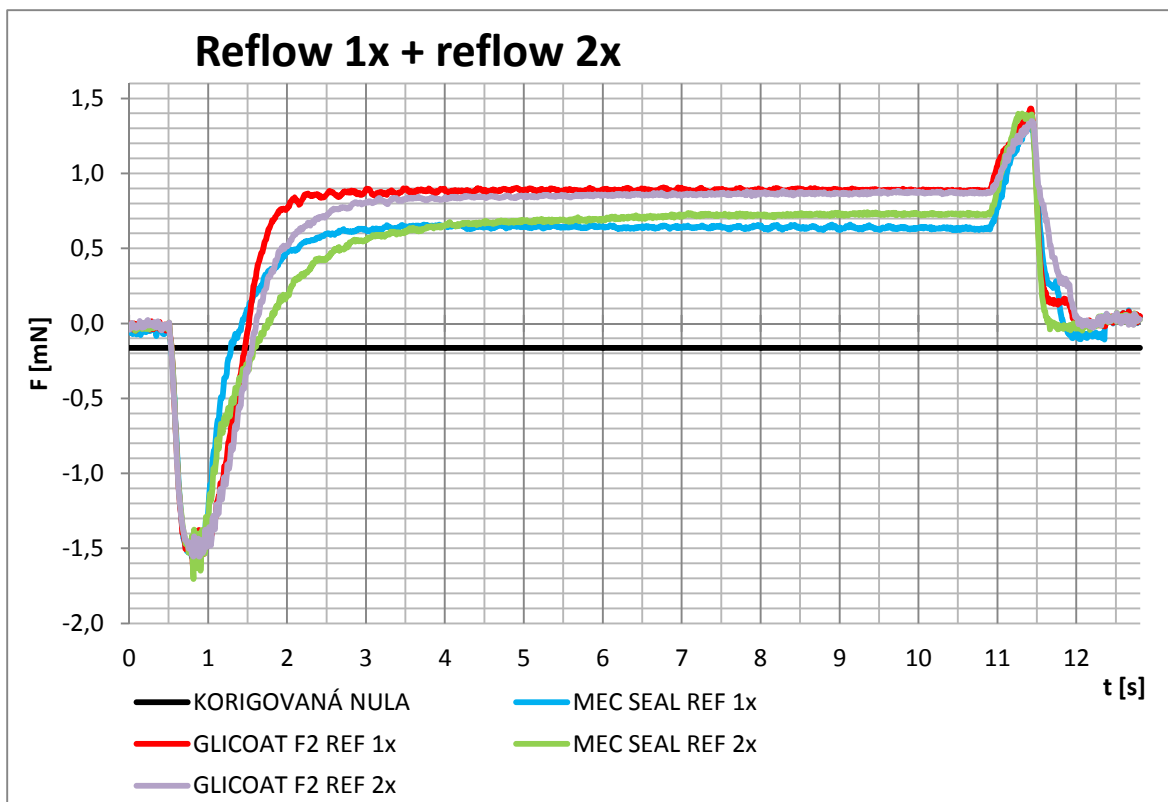
Obrázek 24: Průběhy smáčecí síly po vystavení vlivu rozpouštědla



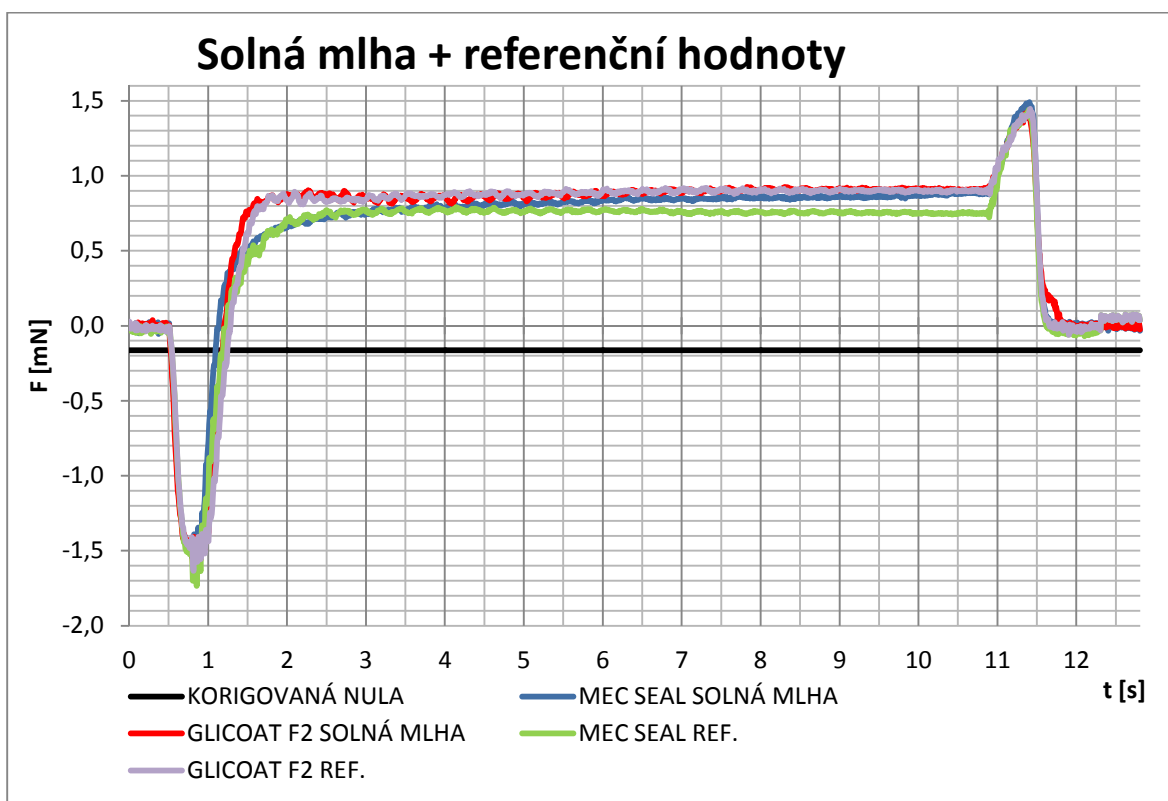
Obrázek 25: Průběhy smáčecí síly po vystavení vlivu solné mlhy



Obrázek 26: Průběhy smáčecí síly po vystavení vlivu chladu a izotermálnímu stárnutí



Obrázek 27: Průběhy smáčecí síly po vystavení vlivu pájecí pece



Obrázek 28: Průběhy smáčecí síly referenčních vzorků a vystavení vzorků solné mlže

5.3 Tabulky smáčení ENIG a chemického cínu

Vzorky s povrchovou úpravou ENIG a chemický cín dodala společnost PragoBoard. Vzorky byly naneseny ve stejný den jako povrchové úpravy OSP. Vzorky ENIG a chemický cín byly vystaveny všem zkušebním vlivům o 8 dnů později oproti vzorkům OSP.

Pro porovnání kritických aspektů povrchových úprav se nejlépe hodily nejvíce degradující procesy. Mezi ně patří izotermální stárnutí a procesní vlivy v reflow peci. Na rozdíl od porovnání u povrchové úpravy OSP, nebudu porovnávat vlivy tavidla. Vlivy tavidla jsou vidět na obrázcích výše.

Vzorek ENIG - OMV Fidelity			
Environmentální vlivy (s tavidlem)	$2/3 F_{\max}$ [mN]	$t_{2/3} F_{\max}$ [ms]	K [Ns⁻¹]
Referenční hodnota	0,734	2170	0,338
Izotermální stárnutí	0,681	2630	0,259
Reflow 2x	0,745	2430	0,306

Tabulka 6: Parametrické výsledky pro vzorek ENIG za použití tavidla

Vzorek chemický cín - CSN-FF-W			
Environmentální vlivy (s tavidlem)	$2/3 F_{\max}$ [mN]	$t_{2/3} F_{\max}$ [ms]	K [Ns⁻¹]
Referenční hodnota	0,802	1850	0,434
Izotermální stárnutí	0,595	2470	0,241
Reflow 2x	0,791	2170	0,365

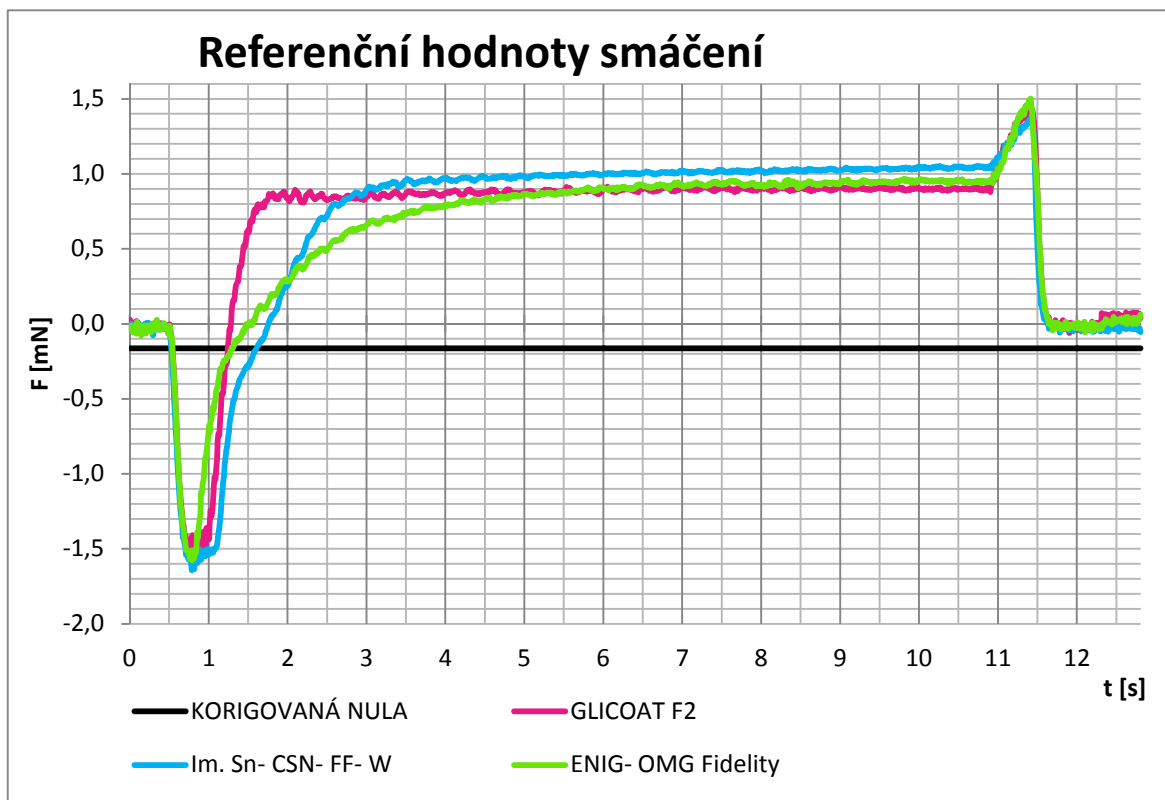
Tabulka 7: Parametrické výsledky pro vzorek chemického cínu za použití tavidla

Vzorek GLICOAT F2			
Environmentální vlivy (s tavidlem)	$2/3 F_{\max}$ [mN]	$t_{2/3} F_{\max}$ [ms]	K [Ns⁻¹]
Referenční hodnota	0,707	960	0,736
Izotermální stárnutí	0,701	1900	0,369
Reflow 2x	0,675	1500	0,450

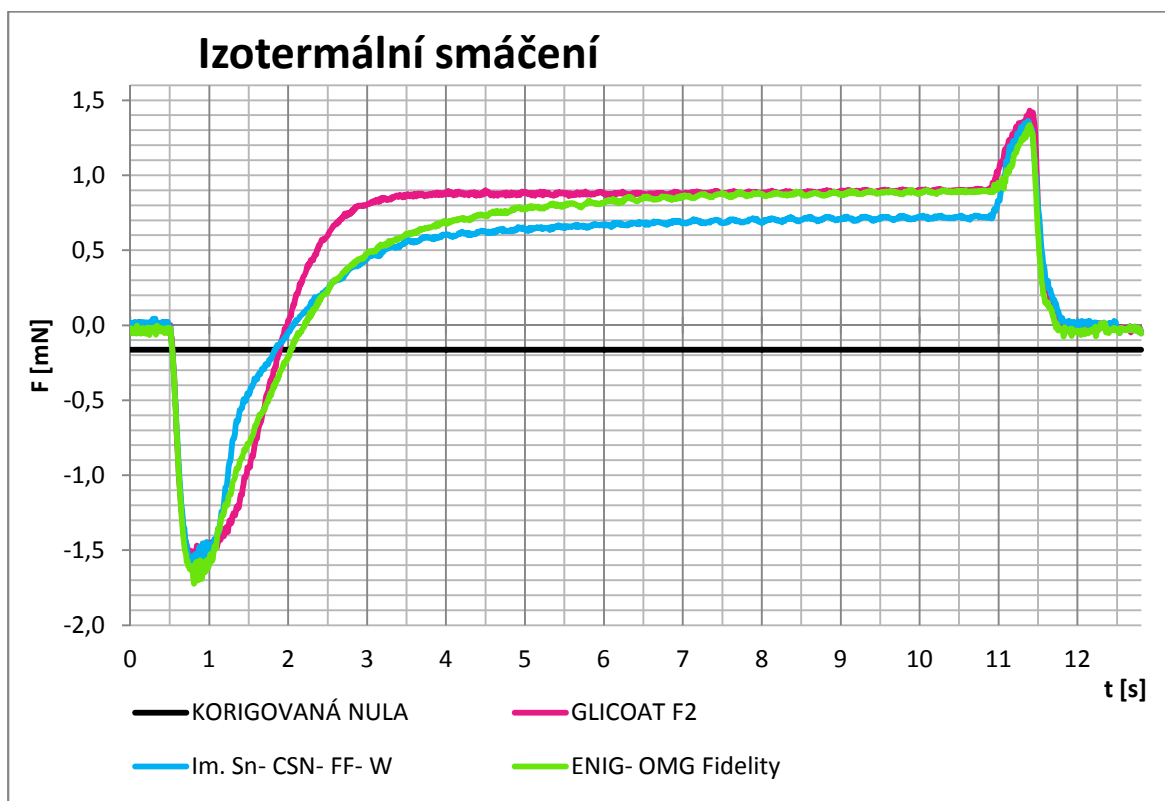
Tabulka 8: Parametrické výsledky pro vzorek GLICOAT za použití tavidla

Z porovnání výsledků tabulky vyplývá jasná převaha povrchové úpravy OSP. U referenčních hodnot je dokonce velikost koeficientu porovnání dvojnásobná oproti úpravě ENIG.

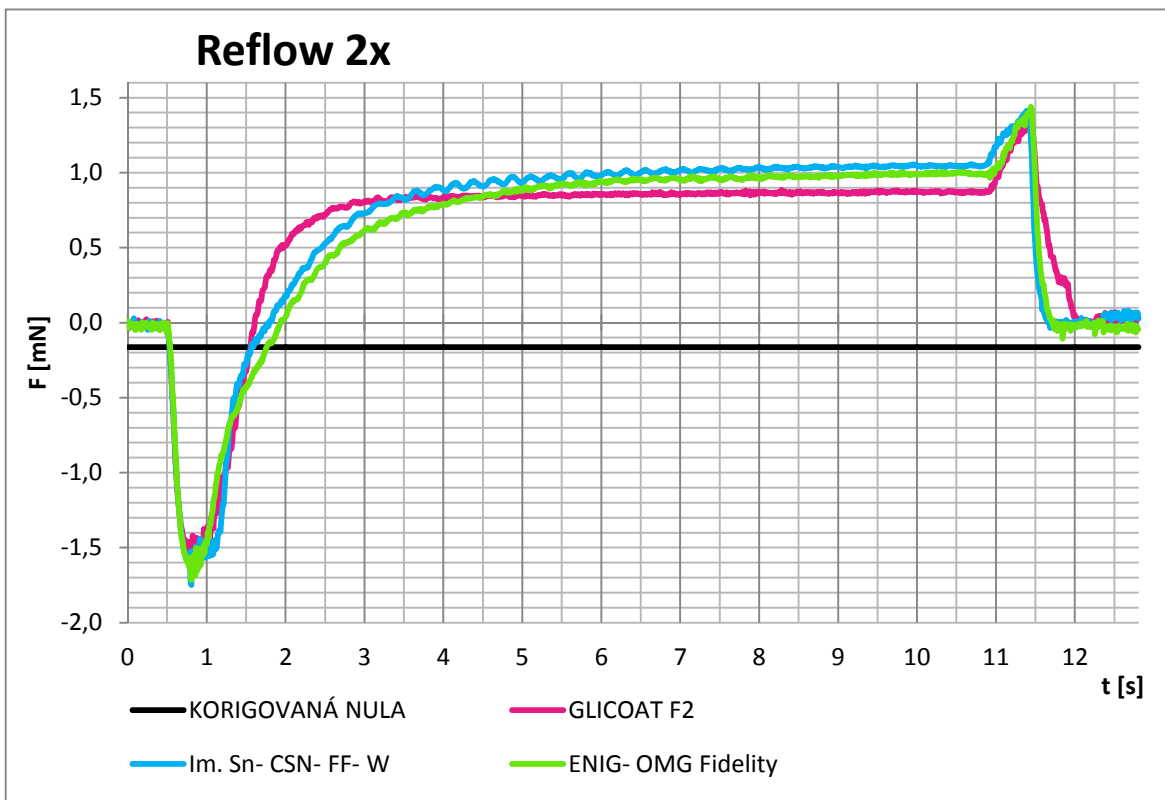
5.4 Grafy smáčení ENIG, chemického cínu, OSP



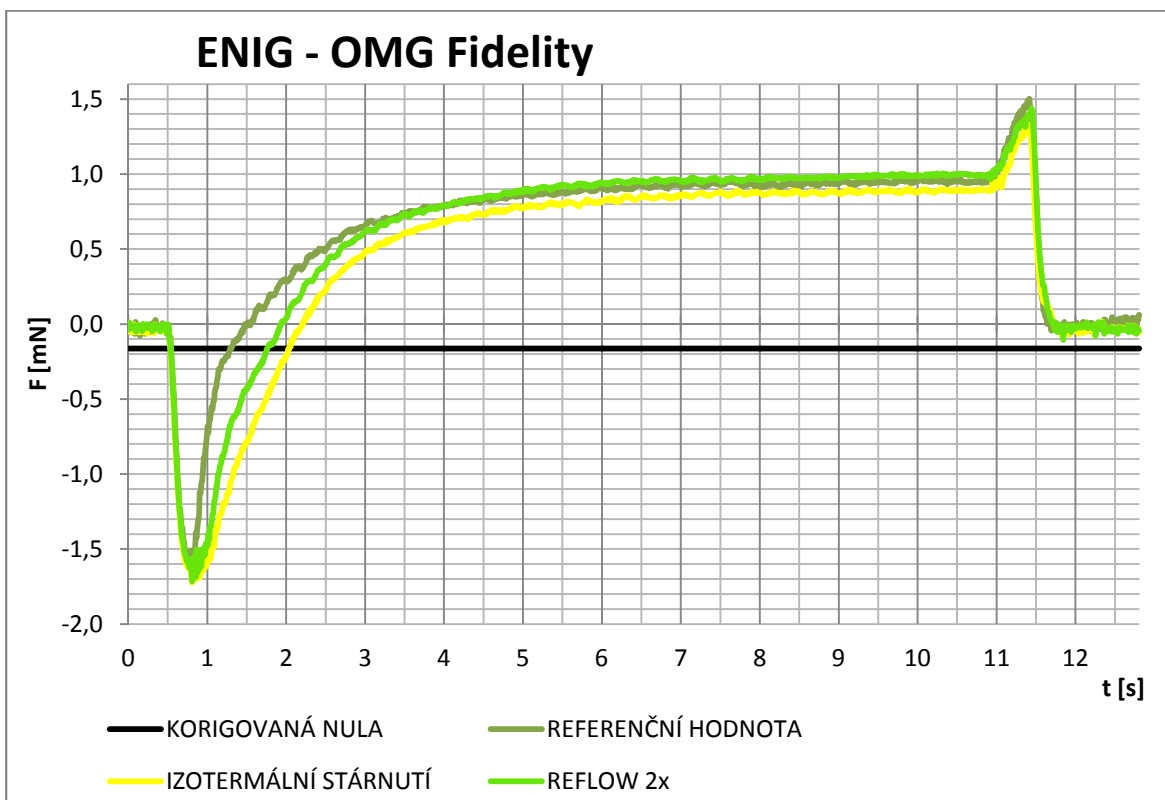
Obrázek 29: Referenční hodnoty smáčení OSP, ENIG, chemický cín.



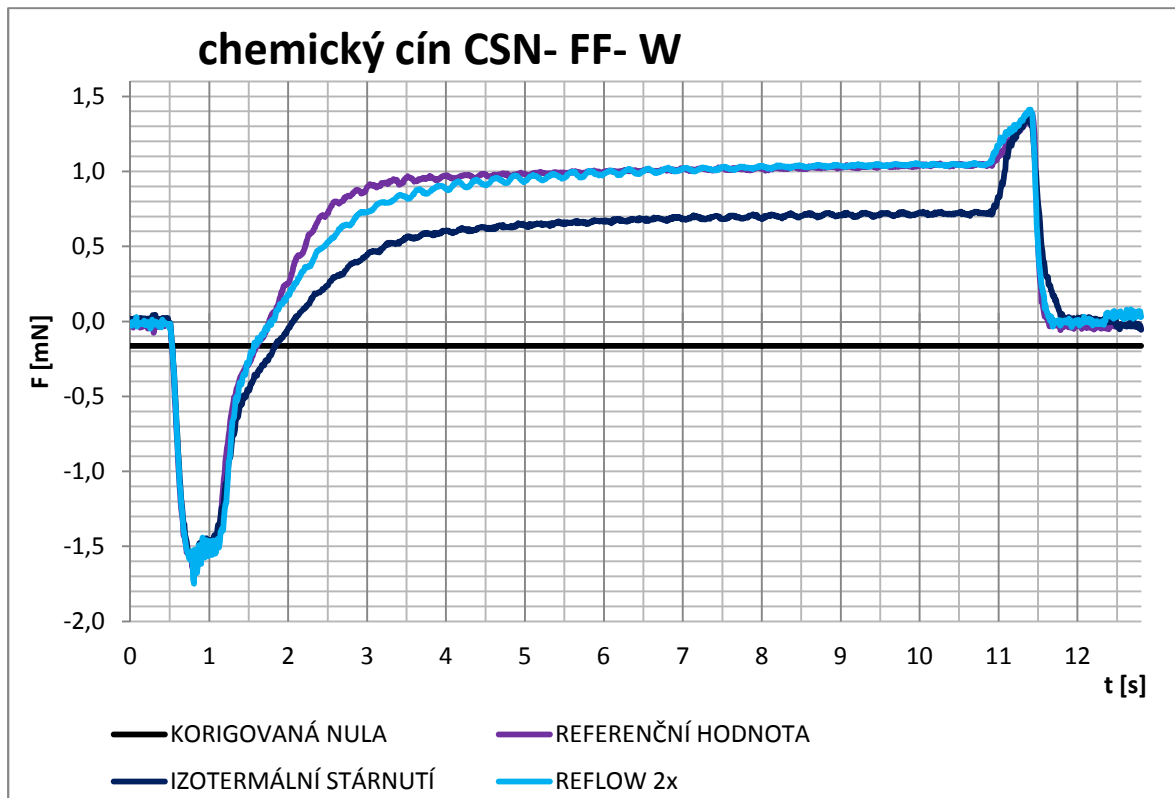
Obrázek 30: Izotermální hodnoty smáčení OSP, ENIG, chemický cín.



Obrázek 31: Procesní hodnoty smáčení OSP, ENIG, chemický cín po řízeném stárnutí.



Obrázek 32: ENIG – hodnoty smáčení po vystavení různým vlivům



Obrázek 33: Chemický cín – hodnoty smáčení po vystavení různým vlivům

Při zhodnocení a porovnání povrchových úprav nejlépe dopadla povrchová úprav OSP. Při i porovnání s ENIG a chemickým címem dosáhla při všech testovaných vlivech nejlepšího parametrického koeficientu. Při referenční hodnotě, tedy bez vystavení jakéhokoliv vlivu dosáhl koeficient hodnoty $K = 0,736 \text{ Ns}^{-1}$.

Chemický cín se v případě referenčních a reflow procesech dostal před povrchovou úpravu ENIG. Která dopadla v celkovém srovnání nejhůře. Jen u hodnoty izotermálního stárnutí dosáhla koeficientu K o 0,018 mN vyšší hodnoty oproti chemickému cínu.

Závěr

Tato bakalářská se zabývá srovnání povrchové úpravy OSP nové generace aplikované laboratorním způsobem, oproti technologickému postupu v zavedené výrobě. Druhou částí je porovnání kritických aspektů mezi povrchovými úpravami OSP, ENIG a chemického cínu. Tím, že vzorky vystavím environmentálním a procesním vlivům.

Teoretická část popisuje povrchové úpravy z různých úhlů pohledů. Především z pohledu technologické výroby a využití povrchových vlastností na pájitelnost desek plošných spojů.

Pro měření jsem použil 2 typy vzorků. Laboratorně nanesený OSP GLICOAT F2 a technologicky nanesené OSP – MEC SEAL CL 5018.

V praktické části jsem se naučil nanášet povrchovou úpravu OSP – GLICOAT F2 v laboratorních podmínkách. Vzorky jsem celkově vystavil šesti vlivům. Každá byla vystavena jinému environmentálnímu nebo procesnímu vlivu. Jednu sadu vzorků jsem si ponechal pro srovnání jako referenční hodnoty.

Metodou smáčecích vah jsem porovnal přes 320 vzorků. Kde jsem porovnal vlivy působící na povrchovou úpravu a zároveň vliv tavidla.

Vliv tavidla významně ovlivňuje pájitelnost a to několikanásobně. Při porovnání referenční hodnoty F_{\max} u vzorku MEC SEAL je výsledná hodnota s tavidlem 0,948 mN. Pro stejnou referenční hodnotu bez použití tavidla je $F_{\max} = -0,648$ mN. U ostatních jsou velikosti smáčecích sil podobné, jak je vidět z Obrázku 15 a Obrázku 16.

U porovnání vlivů, u kterých bylo použito tavidlo, jsou výsledky jednoznačné. Nejvíce degradované vlastnosti byly u obou vzorků, které jsem vystavil izotermálnímu stárnutí. Hodnota $2/3F_{\max}$ u vzorku GLICOAT je srovnatelná s ostatními, ale je dosažena za čas $t_{2/3} F_{\max} = 1900$ ms. To je nejdelší čas ze všech. Hodnota $2/3F_{\max}$ u vzorku MEC SEAL je srovnatelná s referenční hodnotou a je dosažena za čas $t_{2/3} F_{\max} = 1860$ ms.

OSP ztrácí svoje vlastnosti po přetavovacích cyklech a izotermálnímu stárnutí. Celkové pořadí vzorků od největší degradace křivky smáčivosti je: izotermální stárnutí, procesní vlivy reflow 2x a reflow 1x, potom je to působení chladem.

Vysoká hodnota $2/3F_{\max}$ u vzorků, které byly vystaveny solnou mlhou, je způsobena solí, která působí jako aktivátor tavidla. Aby došlo ke koroznímu stavu vzorku, bylo nutné vzorek vystavit dlouhodobému vlivu soli. Hodnota $2/3F_{\max}$ u vzorku MEC SEAL je o 0,042 mN větší, čas $t_{2/3 F_{\max}}$ dosahuje délky 1010 ms. U vzorku GLICOAT F2 je velikost $2/3F_{\max}$ totožná, jen čas se zkrátil na hodnotu 870 ms. To je nejkratší celková doba.

Lepší výsledky vzorku Gliccoat jsou dány větší stabilitou povrchu způsobené kyselinou octovou, která je odolnější proti působením vnějším vlivům. I když ve svojí podstatě se jedná o tenkou vrstvu. Graf referenčních hodnot bez použití tavidla je toho důkazem.

Pokud porovnám povrchové úpravy ENIG, OSP a chemický cín. Výsledky jednoznačně prokazují, že laboratorně nanosená povrchová úprava OSP má mnohem lepší smáčivost i po environmentálních procesech. Nejvíce tuto povrchovou úpravu degradoval vliv izotermálního stárnutí.

Ze tří testovaných povrchových úprav nejhůře dopadla úprava ENIG. Jen u hodnoty izotermálního stárnutí byla horší povrchová úprava chemickým cínem.

Použitá literatura

- [1.] STARÝ, Jiří, KAHLE, Petr. *Plošné spoje a povrchová montáž*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. 2003. 208 s.
- [2.] SEMACH *Povrchové úpravy* [online]. [cit. 2011-11-23]. Dostupné z WWW: <http://www.semach.cz/pdf/povrchy.pdf>
- [3.] ŠIMKA, Jaromír. *Celoplošné galvanické zlacení* [online]. [cit. 2011-11-24]. Dostupný z WWW: http://mikrozone.sk/soubory/downloads/print/dps-az/1/vyroba-celoplosne_galvanicke_zlacení.pdf
- [4.] MILAD, George. *urface Finishing for Lead-Free* [online]. [cit. 2011-12-04]. Dostupný z WWW: <http://www.uyemura.com/library-4.htm>
- [5.] SMTCENTRUM *Metoda smáčecích vah*[online] [cit. 2011-11-28]. Dostupný z: <http://www.smtcentrum.cz/pajeny-spoj-pajitelnost/metoda-smacecich-vah/>
- [6.] KLABEČKA, Edvard. *Zjišťování pájitelnosti povrchů meniskografem* [online]. Dostupné z: <http://martin.feld.cvut.cz/~pelikano/vyuka/VEZ/meniskograf.pdf> [cit. 2011-12-3].
- [7.] MORAKOVSKA, Žofia, KOZIOL, Grazina. *Lead – Free Solderability Preservative Coatings of PCBs* , [cit. 2011-12-03]. Dostupné z: http://www2.zipperling.de/News/independent_test_report.htm
- [8.] HARANT, P.STAINER, F. *Testování pájitelnosti metodou smáčecích vah* [online] [cit. 2011-11-25]. Dostupné z WWW: <http://147.228.94.30/images/PDF/Rocnik2007/cislo1/r0c1c8.pdf>
- [9.] ČSN EN 60068-2-1. *Zkoušení vlivů prostředí – Část 2-1: Zkouška A: Chlad*. ed. 2. Český normalizační institut, 2008-01-01.
- [10.] ČSN EN 60068-2-2. *Zkoušení vlivů prostředí – Část 2-2: Zkouška B: Suché teplo*. ed. 1. Český normalizační institut, 2008-05-01.

- [11.] ČSN EN 60068-2-52. *Zkoušení vlivů prostředí – Část 2: Zkoušky - Zkouška Kb: Cyklická zkouška solnou mlhou*. ed. 1. Český normalizační institut, 1997-08-01.
- [12.] ČSN EN 60068-2-45+A1. *Zkoušení vlivů prostředí – Část 2: Zkušební metody. Zkouška XA a návod: Ponoření do čistících rozpouštědel*. ed. 1. Český normalizační institut, 1995-02-01.
- [13.] LIN, Ken, Wen. *The features comparison for various measurement of Organic Solderability Preservatives (OSP) thickness and discussion for copper roughness effect caused by various type micro-etching solutions* [online] [cit. 2012-05-12]. Dostupný z:
<http://ieeexplore.ieee.org/search/searchresult.jsp?newsearch=true&queryText=The+features+comparison+for+various+measurement+of+Organic+Solderability+Preservatives+.LB.OSP.RB.+thickness+and+discussio>
- [14.] CARANO, Michael. *Trouble in Your Tank: Making OSP Technology Work for You* [online]. [cit. 2012-105-12]. Dostupný z WWW:
<http://www.pcb007.com/pages/zone.cgi?a=73120>
- [15.] STARÝ, J; ZATLOUKAL, M.; STEJSKAL, P. *Montážní a propojovací technologie*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. 2009.
- [16.] ELECTROCHEMICALS *Gliccoat*[online] [cit. 2012-05-28]. Dostupný z WWW:
<http://www.electrochemicals.com/gliccoatart.pdf>

Seznam veličin, symbolů a zkratek

$2/3 F_{\max}$	Velikost 2/ 3 smáčecí síly
ČSN EN	Česká státní norma
DPS	Deska plošných spojů
ENIG	Electroless Nickel Immersion Gold
F	Rovnovážná síla
FEKT	Fakulta elektrotechniky v Brně
F_{\max}	Maximální smáčecí síla
F_s	Smáčecí síla
F_{vz}	Vztlaková síla
g	Gravitační zrychlení
H_2SO_4	Kyselina sírová
HAL	Hot Air Levelling
HDI	High Density Interconnection
ImAg	chemické stříbro
ImSn	chemický cín
IPA	Isopropylalkohol
K	Koeficient
LD	Lead free – bezolovnaté pájení
mm	Milimetr
Mm^2	Megametř čtverečný
MPa	Megapascal
NaCl	Chlorid sodný (kuchyňská sůl)
Ni/ Au	Nikl/ Zlato
OSP	Organic Solder Preservatives
p	Obvod vzorku
pH	Potenciál vodíku
Reflow	Pájení přetavením
RoHS	Restriction of the use of Hazardous Substances
SAC 305	Bezolovnatá pájecí slitina
Sn	Cín
Sn/ Pb	Cín/ Olovo
Sn100C	Bezolovnatá pájecí slitina
$t_{2/3} F_{\max}$	Čas, kdy smáčecí síla dosáhne 2/ 3 maximální smáčecí síly
v	Objem ponořené části vzorku
γ	Povrchové napětí roztavené pájky pod tavidlem
θ	Kontaktní úhel
μm	Mikrometr
ρ	Hustota pájky

Přílohy



SPECIALTY CHEMICALS FOR PWB SURFACE TREATMENT

MEC EUROPE

Kaleweg 24-26 • B-9030 Gent • Belgium
tel +32-9/216 72 72 • fax +32-9/216 72 70

MECSEAL CL-5018

I. INTRODUCTION

MECSEAL CL-5018 is a heat-resistant water soluble preflux. Compared with conventional alkylimidazole type preflux, CL-5018 is less foamy and offers superior heat-resistance and solder wettability and spreadability. Even in short processing time, CL-5018 effectively forms heat-resistant anti-tarnish coating only on the copper surface. Since CL-5018 is easy to control, it offers excellent workability and safety.

II. PROPERTIES

APPEARANCE	Light blue liquid
ACID CONCENTRATION (mol/l)	3.98 ± 0.10



Process Guide

for

ORMECON™ CSN FF

ORMECON™ CSN FF-W

Immersion Tin

Version 3.0

1

The above statements are based on our present knowledge. Our statements should not be interpreted as a guarantee of characteristics. The use of our products by our customers is subject to different conditions, therefore some of our customers are relieved of the responsibility of testing our products by themselves. A liability for consequential damage will not be accepted in any case. For damage resulting from the use of this information we can only be held responsible if there is evidence of malice or negligence on our part. This data sheet replaces any previous data sheets.

ORMECON™ CSN FF/FF-W Process Guide V3.0

January 2007

Gliccoat SMD Organic Solderability Preservatives

SHIKOKU INTRODUCES GLICOAT SMD F2 AND F2(LX)

The next generation organic solderability preservative has been introduced by Shikoku Chemical Corporation of Japan and marketed by Electrochemicals, Inc. The Gliccoat SMD F2 is suited for all general solderability purposes and is used particularly with lead-free solders due to very high melting temperatures of these lead free solders.

The Gliccoat SMD F2(LX) provides the same solderability protection as the F2, but has an additional advantage of not depositing an organic film on gold or other metals such as silver.

The trend toward alternative surface finishes to promote the solderability of bare copper surfaces has been well defined. While it is true that hot air solder leveling, (HASL) is still the predominant surface finish; alternative technologies are being implemented for a variety of reasons:

- Environmental and safety concerns over lead
- The need for a coplanar surface
- Lowest possible ionic contamination of the surface
- Fine-pitch device assembly
- Reliability
- Cost

The IPC and numerous industry consortia are actively exploring alternatives to HASL. The documentation relating to the requirements for alternative surface finishes have been well publicized at many industry forums. Many of the requirements, in fact, are obvious. Regardless, the pwb fabrication industry needs to work closely with contract manufacturers and end users to fully appreciate the true impact of technology trends. These trends are significant and include:

Surface mount continues to increase at the expense of through-hole; with surface mount reaching 70-80% of the product, and 20-25% through hole.

The use of non-tin/lead coatings and surface finishes will increase. Surface finishes such as electroless nickel/immersion gold, OSP and immersion tin will be utilized.

With political movements toward banning lead in all electronic assemblies gaining significant momentum, lead free solder pastes and wave solder materials will be adopted, as well as lead-free finishes.

The alternative surface finishes must perform through multiple thermal cycles with less active pastes and fluxes, providing maximum joint strength and long term reliability.

The use of multiple metal finishes on the same bare board will place new emphasis on the compatibility of coatings with each other, and the actual assembly module.

Increased I/O demand and reduced lead pitch will require much tighter controls over the processes used to fabricate the bare board. High I/O packages will test the process limitations in imaging, etching, soldermask and surface finishes.

Assemblies are becoming harder to inspect and rework.

In recent years, in order to achieve high-density surface mounting on printed wiring boards, the number of terminals of circuit components have been increasing, and the pitch of the terminals has been significantly reduced. With the trend for increased packaging density has come the use of COB (chip on board), flip chip and TAB (Tape Automated Bonding).

In many instances, the surface mounting of such components may be required on pwb's with copper pads and other features plated with gold, silver, tin or solder. These mixed metal finish boards are becoming very common today and the surface treatment of such circuits will continue to grow in importance. The demand was such that a water soluble surface-treating agent, that was capable of