



ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta elektrotechnická

Katedra elektrotechnologie

Vliv mechanického napětí a teplotních šoků na klimatické stárnutí adhezních spojů

Influence of mechanical stress and heat shocks on mechanical aging of adhesive joints

Bakalářská práce

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Aplikovaná elektrotechnika

Vedoucí práce: doc. Ing. Pavel Mach, CSc.

autor: Jiří Sokol

2019

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Sokol** Jméno: **Jiří** Osobní číslo: **466340**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra elektrotechnologie**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Aplikovaná elektrotechnika**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Vliv mechanického napětí a teplotních šoků na klimatické stárnutí adhezních spojů

Název bakalářské práce anglicky:

Influence of mechanical stress and heat shocks on mechanical aging of adhesive joints

Pokyny pro vypracování:

1. Seznamte se základy teorie vodivosti elektricky vodivých lepidel.
2. Připravte vzorky adhezních spojů ze zadaných typů lepidel. Změřte odpor spojů.
3. Část vzorků ponechte, část podrobte teplotním šokům a část mechanickému namáhání. Změřte odpor vzorků.
4. Všechny vzorky podrobte klimatickému stárnutí a opět změřte odpor. Proveďte diskuzi výsledků.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Lau, J.H., Wong, C.P., Lee, N.Ch., Lee, S.W.R., "Electronics Manufacturing with Lead-Free, Halogen-Free, and Conductive-Adhesive Materials." McGraw-Hill Professional, 2003.
- [2] Gomatam, R., Mittal, K. L. (Editors): Electrically Conductive Adhesives, CRC Press in an imprint of Taylor&Francis Group, Netherland, 2008.
- [3] Y. G. Li, D. Lu, C. P. Wong: Electrical Conductive Adhesives with Nanotechnologies, Springer, Germany, 2010.
- [4] Morris, J.E., Liu, J., "Electrically Conductive Adhesives: A Research Status Review. Micro- and Opto-Electronic Materials and Structures: Physics, Mechanics, Design, Reliability, Packaging." Springer US, 2007.

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

doc. Ing. Pavel Mach, CSc., katedra elektrotechnologie FEL

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **15.02.2019** Termín odevzdání bakalářské práce: _____

Platnost zadání bakalářské práce: **20.09.2020**

doc. Ing. Pavel Mach, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Pavel Ripka, CSc.
podpis ditanařky

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne

Podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému vedoucímu panu doc. Ing. Pavlu Machovi, CSc. za vedení při tvorbě této práce, za poskytnuté zdroje a za jeho trpělivost. Dále bych chtěl poděkovat paní Ing. Ivaně Beshajové Pelikánové, PhD. za vedení při realizaci praktické části na prototypovém pracovišti katedry elektrotechnologie. Nakonec bych chtěl poděkovat svojí rodině za trpělivost a podporu při studiu.

Anotace

Cílem této bakalářské práce je seznámit čtenáře se základními principy elektricky vodivých lepidel. V teoretické části je popsáno složení lepidel elektricky vodivých lepidel, dělení z hlediska vodivosti a princip vodivosti. Experimentální část je zaměřena na vytvoření vzorků adhezních spojů, měření elektrického odporu připravených vzorů a sledování vlivu kombinací mechanické a klimatických zkoušek na elektrický odpor adhezních spojů.

Klíčová slova: Elektricky vodivá lepidla, izotropní vodivá lepidla, klimatické stárnutí, teplotní šoky, mechanické namáhání

Annotation

The aim of this bachelor thesis is to acquaint the reader with the basic principles of electrically conductive adhesives. The theoretical part describes the composition of adhesives electrically conductive adhesives, classification in terms of conductivity and the principle of conductivity. Experimental part is focused on creation of samples of adhesive joints, measurement of electrical resistance of prepared samples and monitoring of influence of combination of mechanical and climatic tests on electrical resistance of adhesive joints.

Key words: Electrically conductive adhesives, Isotropic conductive adhesives, climatic aging, thermal shocking, mechanical stress.

Obsah

Obsah.....	7
Úvod	9
1. Teoretická část	10
1.1. Složení elektricky vodivých lepidel	10
1.1.1. Vazební složka elektricky vodivých lepidel	10
1.1.2. Plnivo elektricky vodivých lepidel.....	10
1.2 Rozdělení elektricky vodivých lepidel podle druhu vodivosti.....	11
1.2.1. Perkolační teorie	11
1.2.2. Lepidla s izotropní vodivostí (ICA).....	12
1.2.3 Lepidla s anizotropní vodivostí (ACA)	13
1.3. Elektrický odpor	14
1.4. Zkušební metody.....	14
1.4.1. Mechanická zkouška ohybem	14
1.4.2. Zkouška teplotními šoky.....	15
1.4.3. Zkouška kombinací vlhka a tepla	15
2. Experimentální část	16
2.1. Příprava vzorků pro experiment	16
2.1.1. Návrh desek plošných spojů	16
2.1.2. Nulové rezistory	17
2.1.3. Použitá lepidla a laky	19
2.1.3.1. CircuitWorks [®] Conductive Pen CW 2200.....	19
2.1.3.2 ELPOX SC 70MN	19
2.1.3.3. Permacol 2369/2	20
2.1.3.4. Wire Glue™.....	20
2.1.3.5 Silberleitlack.....	20
2.1.4. Nanesení lepidel a laku na DPS.....	21
2.1.5. Osazení DPS.....	21
2.1.6. Vytvrzení	22
2.2. Průběh experimentu.....	22
2.2.1. Parametry prováděných zkoušek.....	23
2.2.1.1. Mechanická zkouška ohybem	23

2.2.1.2 Zkouška kombinací teplo a vlhko	24
2.2.1.3 Zkouška teplotními šoky	24
2.2.3. Měření elektrického odporu	25
2.3. Zpracování dat.....	26
2.4. Rozdělení a počet desek pro zkoušky	27
2.5. Vliv zkoušek na OR0 odpory	29
2.6. Výsledky měření	30
2.6.1. Výsledné tabulky a grafy pro ELPOX SC 70MN	30
2.6.2 Výsledné tabulky a grafy pro Permacol 2369/2	33
2.6.3 Výsledné tabulky a grafy pro Chemtronix CW 2200 s rezistory	35
2.6.4 Výsledné tabulky a grafy pro Chemtronix CW 2200 bez rezistorů	37
2.6.5 Výsledné tabulky a grafy pro Silberleitlack	39
2.6.6 Výsledné tabulky a grafy pro Wire Glue.....	41
2.6.7. Souhrnné tabulky výsledků.....	43
3. Závěr	44
Seznam obrázků	46
Seznam tabulek.....	47
Seznam zkratk	49
Seznam užitých zdrojů.....	49
Přílohy.....	50

Úvod

V minulosti byly pro vytváření vodivých spojů používány ve většině aplikací používány pájky na bázi cín - olovo. Díky požadavkům směrnice RoHS, značně omezujících použití olova, se začaly hledat nové možnosti pro vytvoření vodivých spojů. Jednou z možností je použití pájek neobsahující olovo tzv. bezolovnatých pájek (lead-free solders). V dnešní době se olovnaté pájky používají již jen ve specifických aplikacích, kde jsou na vodivé spoje kladeny vysoké nároky, a pro které zatím nebyla nalezena vhodná alternativa. Mezi tyto aplikace můžeme zařadit přístroje určené pro oblast medicíny nebo vojenské aplikace.

Jednou z možností elektricky vodivého propojování v elektronice je použití elektricky vodivých lepidel neobsahujících olovo. Bohužel elektricky vodivé spoje realizované lepidly mají oproti pájeným spojům horší vlastnosti. Zejména jsou citlivé na mechanické namáhání, jako jsou například vibrace a také mají nižší elektrickou vodivost. Dále jsou citlivé na klimatické změny a zvýšenou vlhkost prostředí.

Elektricky vodivá lepidla se používají v aplikacích, kdy je potřeba vodivě spojit součástky citlivé na vysokou teplotu. Dále se lepidla používají při montáži na sklo ("chip on glass"), montáži na plastovou fólii ("chip on foil") a při vytváření vodivých spojů mezi součástkami s jemnou roztečí ("fine pitch"). Další aplikace je použití vodivých laků při opravě poničených plošných spojů.

1. Teoretická část

1.1. Složení elektricky vodivých lepidel

Elektricky vodivá lepidla jsou kompozitní materiály obsahující 2 základní složky. Těmito složkami jsou vazební složka (binder) a plnivo (filler). Pro lepší nanášení může lepidlo obsahovat i rozpouštědlo.

1.1.1. Vazební složka elektricky vodivých lepidel

Vazební složka zajišťuje mechanické vlastnosti lepidla a vytváří po vytvrzení také ochrannou matici chránící vodivou složku před vnějšími klimatickými vlivy. Dále také musí zajistit dobrou adhezi lepidla. Je buď jednosložková, nebo dvousložková. Dvousložková obsahuje oproti jednosložkové navíc ještě tvrdidlo. Jednosložkové se obvykle vytvrzují při vyšších teplotách (100 - 200 °C) po kratší dobu v řádu minut, zatímco dvousložkové lze vytvrzovat i při pokojové teplotě po delší dobu.

Častým materiálem vazební složky jsou reaktoplasty, nejčastěji pak epoxidové pryskyřice, které po vytvrzení získají velkou tvrdost. Velkou nevýhodou těchto pryskyřic je navlhání a křehkost, které zvyšují rezistivitu spoje.

Dále se pro vazební složku používají silikonové, akrylátové a polyamidové pryskyřice.

Někdy se lze setkat také s termoplasty.

1.1.2. Plnivo elektricky vodivých lepidel

Plnivo elektricky vodivého lepidla je tvořené vodivým materiálem a v lepidle zajišťuje elektrické vlastnosti, zejména elektrickou vodivost. Plnivo lepidla je nejčastěji ve tvaru symetrických sfér - kuliček (balls) nebo ve formě šupin (flakes). Nejčastějším používaným materiálem je stříbro, které má vysokou elektrickou a tepelnou vodivost a snadnou tvarovatelnost do požadovaných tvarů. Nevýhodou stříbra je efekt zvaný iontová migrace, kdy může dojít ke vzniku můstků a následnému zkratu vývodů součástky. Dalšími používanými materiály jsou zlato a levnější alternativy: měď, nikl a grafit.

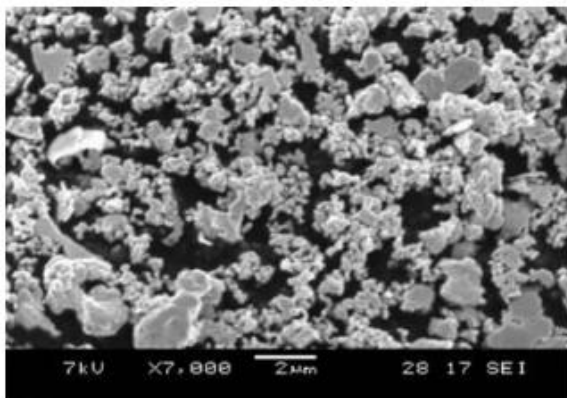
Zlato má nižší elektrickou vodivost než stříbro, je však chemicky stálejší. Rozhodujícím faktorem pro výběr je zde nižší cena stříbra.

V případě užití mědi se provádí povrchová úprava nanesením zlata nebo stříbra pro zlepšení elektrických vlastností. Samotná měď má nižší elektrickou a tepelnou vodivost než výše zmíněné dva kovy a při působení vlhkosti může dojít k oxidaci.

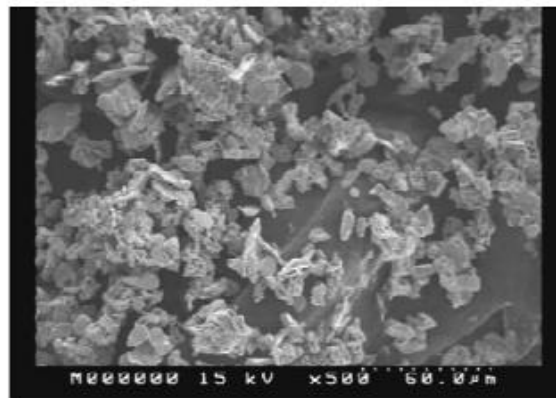
Další možností je použití niklu, který je oproti mědi více odolný vůči korozi. Oproti stříbru je výrazně levnější, ale má výrazně nižší elektrickou vodivost. Nikl se vyrábí například chemickou cestou redukcí kovové soli nebo oxidů pomocí redukčního činidla. Výsledný tvar plniva jsou jehličky s malou kontaktní plochou. Přídavným žháním dosáhneme lepšího efektu.

Dále lze také použít grafit, jehož výhodou je nízká cena. Stejně jako u mědi se zde používá povrchová úprava nanesením stříbra tenkovrstvou technologií.

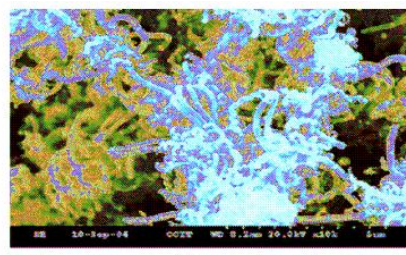
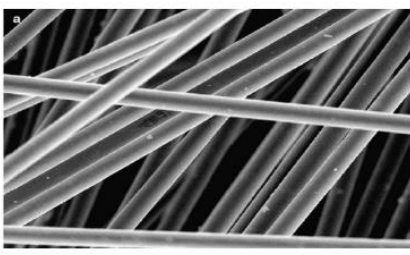
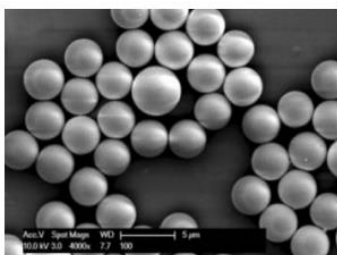
Na Obr. 1 až Obr. 5 jsou uvedeny různé tvary částic.



Obr. 1 Stříbrné šupinky [1]



Obr. 2 Pozlacené Cu částice [1]



Obr. 3 Stříbrné nanokuličky [1] Obr. 4 Stříbrná nanovlákná [1] Obr. 5 Uhlíkové nanotrubičky [1]

1.2 Rozdělení elektricky vodivých lepidel podle druhu vodivosti

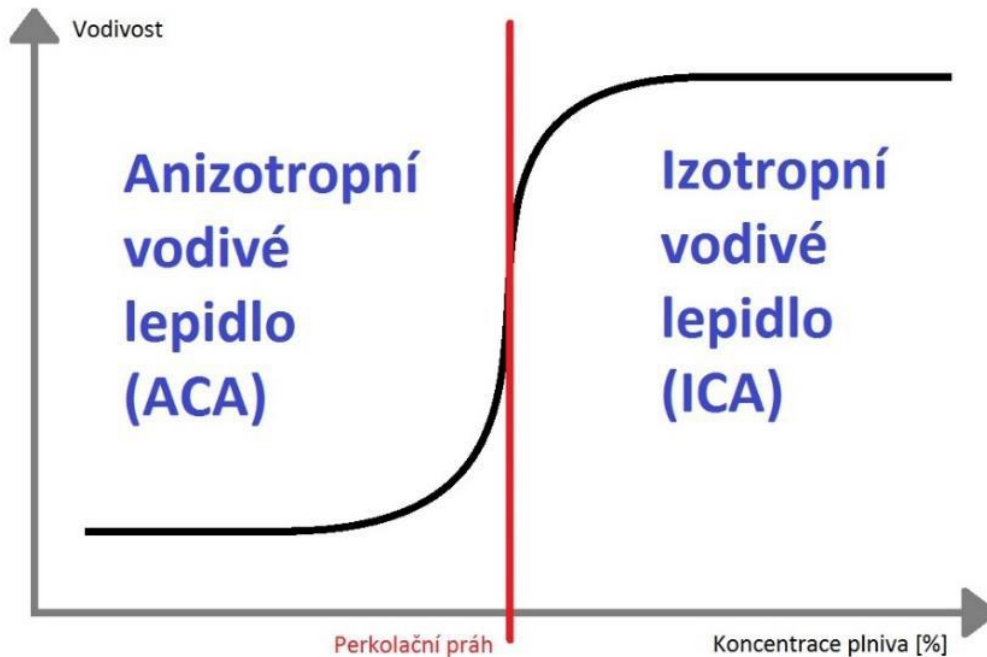
Elektricky vodivá lepidla ECA (Electrically Conductive Adhesives) můžeme rozdělit na druhy a to na lepidla s izotropní vodivostí ICA (Isotropic Conductive Adhesives) u kterých je vodivost stejná ve všech směrech a na lepidla s anizotropní elektrickou vodivostí ACA (Anisotropic Conductive Adhesives), kde je vodivost pouze ve svislém směru, tedy ve směru kolmém na DPS (Desku plošného spoje).

1.2.1. Perkolační teorie

Podle perkolační teorie se samotné polymerní vazební složky chovají za normálních podmínek jako izolanty. Postupným přidáváním vodivého pojiva se začne měnit vodivost lepidla. Při velmi nízkých

koncentracích pojiva v podobně malých částic se lepidlo stále chová jako izolant. Postupným dalším přidáváním pojiva naroste koncentrace do takové míry, že vodivost prudce naroste. Tato hodnota koncentrace se nazývá tzv. perkolační práh. Při dalším přidáváním plniva vodivost roste už jen pozvolně. U ICA koncentrace lepidla bývá nad perkolačním prahem. Samotná perkolační teorie je podstatně složitější, než je uvedeno v této práci. Základy perkolační teorie sahají do 50. let 20 století.

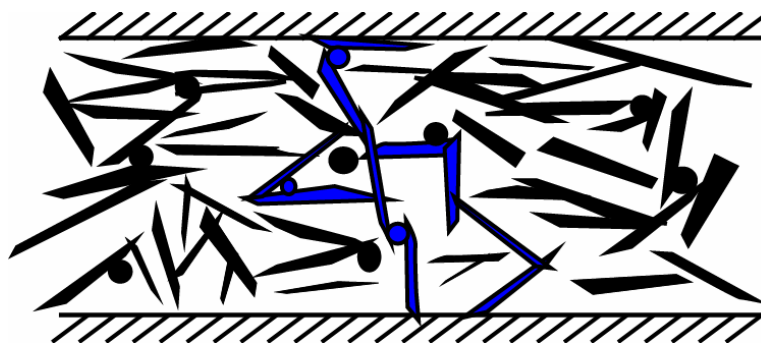
Závislost vodivosti lepidla na koncentraci vodivých částic popisuje tzv. perkolační křivka na Obr. 6



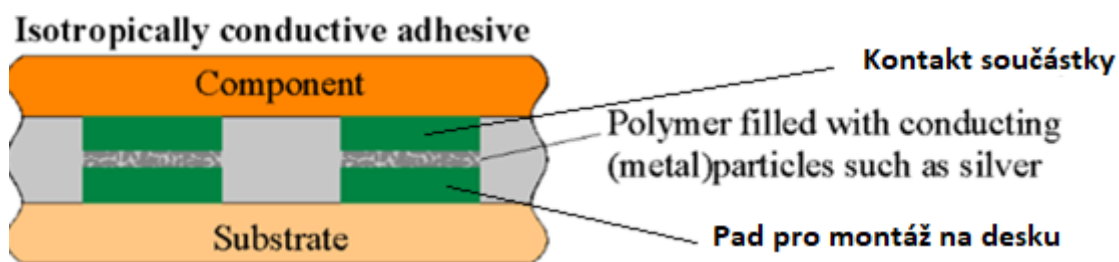
Obr. 6 Typická perkolační křivka [2]

1.2.2. Lepidla s izotropní vodivostí (ICA)

Tato lepidla používají jako plniva obvykle stříbrné šupinky do velikosti 15 μm . Koncentrace bývá v rozmezí 60 - 80 % hmotnosti lepidla. Takto vysoká koncentrace umožňuje vytvořit vodivou síť, díky které je lepidlo vodivé ve všech směrech. ICA jsou používána pro běžnější aplikace při montáži plošných spojů. Princip vodivosti a principiální schéma adhezního spoje jsou uvedeny na Obr. 7 a Obr. 8.



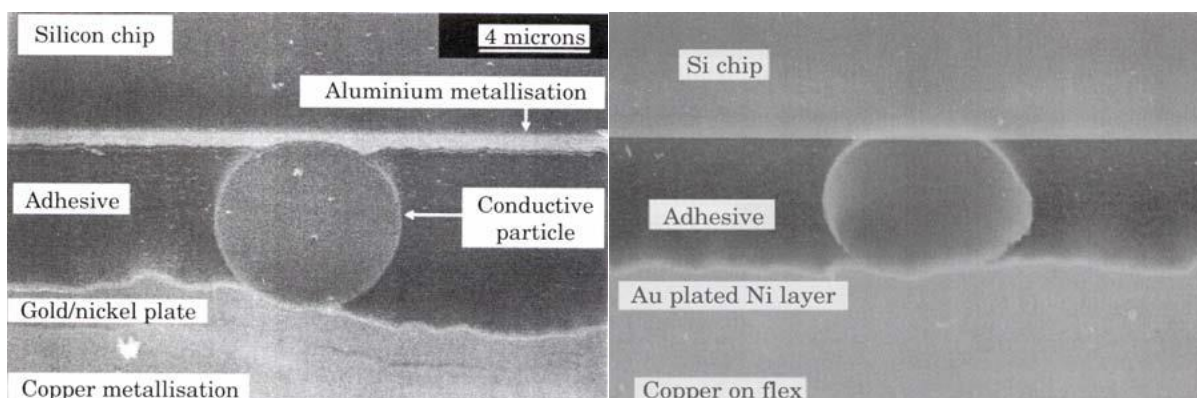
Obr. 7 Princip vodivosti ICA [3]



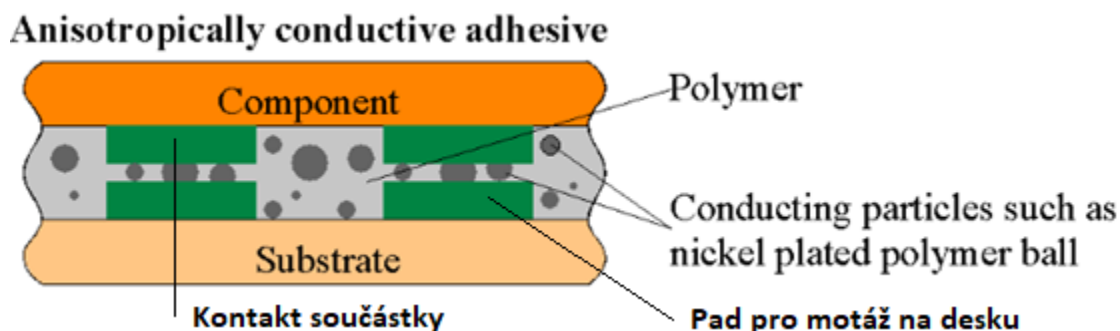
Obr. 8 Principiální schéma adhezního spoje s ICA [4]

1.2.3 Lepidla s anizotropní vodivostí (ACA)

U těchto lepidel se jako plnivo používají často kuličky. Koncentrace plniva bývá v rozmezí 8 – 25 % hmotnosti lepidla. Toto rozmezí koncentrace je hluboko pod perkolačním prahem a nestačí pro vytvoření vodivé sítě, jako je tomu u ICA. U ACA je vodivost zajištěna sevřením vodivé částice nebo částic mezi kontakty desky plošného spoje („pady“) a připojované součástky. To je důvodem proč u ACA je vodivost zajištěna pouze v jednom směru. Na následujících obrázcích je ukázán princip vodivosti ACA. Tato lepidla se používají pro plošné spoje osazených součástkami s malou roztečí vývodů. Dále se také využívají pro montáž na sklo a polymerové fólii. Principiální schéma adhezního spoje a detaily spoje jsou uvedeny na Obr. 9 a Obr. 10



Obr. 9 Detaily spoje s ACA s různými kombinacemi materiálů [3]



Obr. 10 Principiální schéma adhezního spoje s ACA [4]

1.3. Elektrický odpor

U ECA se elektrický odpor skládá ze tří složek. Těmito složkami jsou odpor vodivých částic, kontaktní odpor mezi vodivými částicemi, a kontaktní odpor mezi částicemi vodivé složky a kontaktovanou plochou.

Elektrický odpor vodivých částic nemá na celkový odpor příliš velký vliv díky vysoké vodivosti materiálu používaných pro výrobu těchto částic.

Hlavní složkou odporu je kontaktní odpor mezi vodivými částicemi, který se skládá z úžinového odporu, který je dán především rozměrem kontaktních ploch a tunelového odporu, který je důsledkem tunelového jevu. Díky tunelovému jevu mohou elektrony s dostatečnou energií překonat potenciální bariéru, která může způsobena např. nečistotami v lepidle, oxidací povrchu částic, vzduchovou mezerou nebo také matricí vazební složky lepidla.

Poslední složka celkového odporu vzniká na rozhraní, kde se stýká lepidlo s kontaktovanou plochou součástky nebo DPS. Pokud se stýkají dva různé kovové materiály s různým elektrochemickým potenciálem a na toto rozhraní se dostane vlhkost, vznikne se galvanický článek, který způsobí korozi a následně růst odporu. [5],[6].

1.4. Zkušební metody

Pro určení kvality lepeného existuje celá řada metod. Tyto metody lze rozdělit podle doby testování, podle míry poničení na destruktivní a nedestruktivní a podle způsobu zatěžování na mechanické jako je např. zkouška tahem, ohybem nebo vibracemi, elektrické (např. proudovými pulzy), klimatické a další.

Do kategorie klimatických zkoušek patří zejména zkoušky teplotní, vlhkostní a zkouška kombinací vlhkosti a teploty.

V následujících částech budou vysvětleny metody realizované v experimentální části.

1.4.1. Mechanická zkouška ohybem

Tato zkouška patří mezi nedestruktivní, kdy nedojde k nevratnému porušení lepeného spoje. V případě této zkoušky je deska plošného spoje uprostřed podepřena a ohýbána působením síly na koncích plošného spoje. Při ohýbání desky může dojít k mikrotrhlinám v lepených plošných spojích v důsledku křehkosti pryskyřice vazební složky lepidla. Následkem toho je nárůst elektrického odporu.

1.4.2. Zkouška teplotními šoky

Tato zkouška, patří mezi teplotní zkoušky. Vzorky plošných spojů jsou umístěny v komoře. Zkouška spočívá v rychlé změně teploty prostředí z jedné extrémní teploty do druhé. Doba změny teploty se pohybuje v řádech jednotek sekund. Doba, kdy plošný spoj setrvává v jednom extrémním stavu, se pohybuje v řádu jednotek až desítek minut. Obvykle bývá nastavení teplotních extrémů takové, že jedna je nastavena pod hodnotu 0 °C a druhá na hodnotu kolem 100 °C.

Zde je důležitá teplotní kapacita jednotlivých částí a s tím související schopnost a přijmout nebo odevzdat velké množství tepla v krátkém čase.

Tato zkouška je pro lepené plošné spoje velice agresivní a může vést až k destrukci spoje.

1.4.3. Zkouška kombinací vlhka a tepla

Tato zkouška patří mezi teplotní zkoušky. Zkouška probíhá v klimatické komoře, za stálé teploty a relativní vlhkosti prostředí. Častými hodnoty je teplota prostředí 85 °C a relativní vlhkost vzduchu 85%. Délka zkoušky je obvykle v rozsahu desítek až stovek hodin.

Působení tepla urychluje degradační procesy a má za následek změny rozměrů jednotlivých materiálů tvořící adhezni spoj. Vlivem různé teplotní roztažnosti může dojít ke vzniku mikrotrhlin v adhezni spoji i ke změně kvality izolačních bariér mezi částicemi vodivého plniva. Důsledkem je zvýšení elektrického odporu.

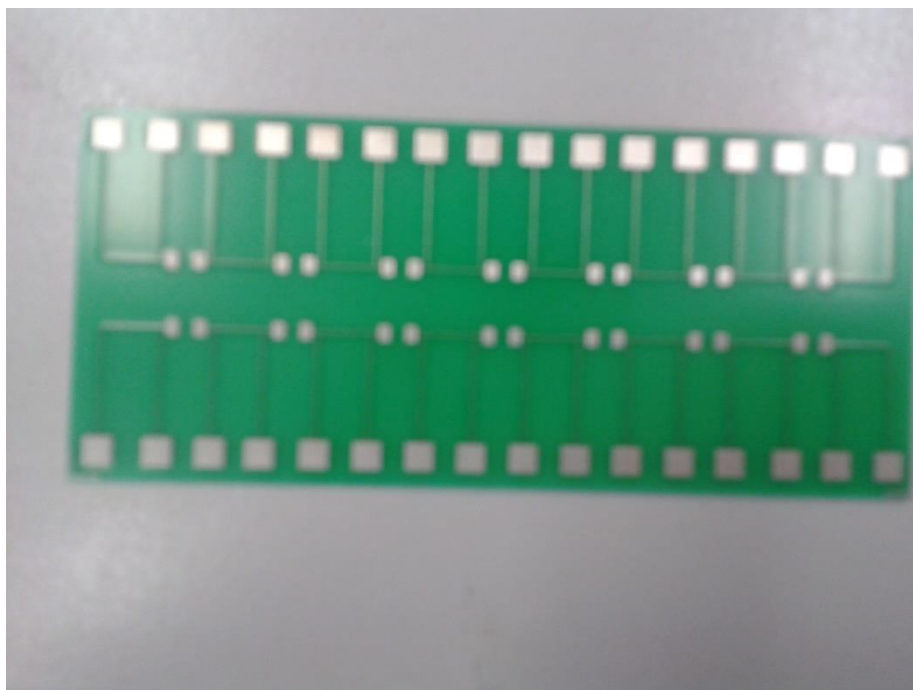
Do vzniklých trhlin může proniknout vlhkost, která je vysoké míře přítomna v komoře po celou dobu zkoušky. V případě, že vlhkost pronikne k vodivým částicím a může způsobit jejich oxidaci, následkem toho se na povrchu vodivých částic vytvoří tlustší izolační vrstva, která zvýší odpor adhezniho spoje.

2. Experimentální část

2.1. Příprava vzorků pro experiment

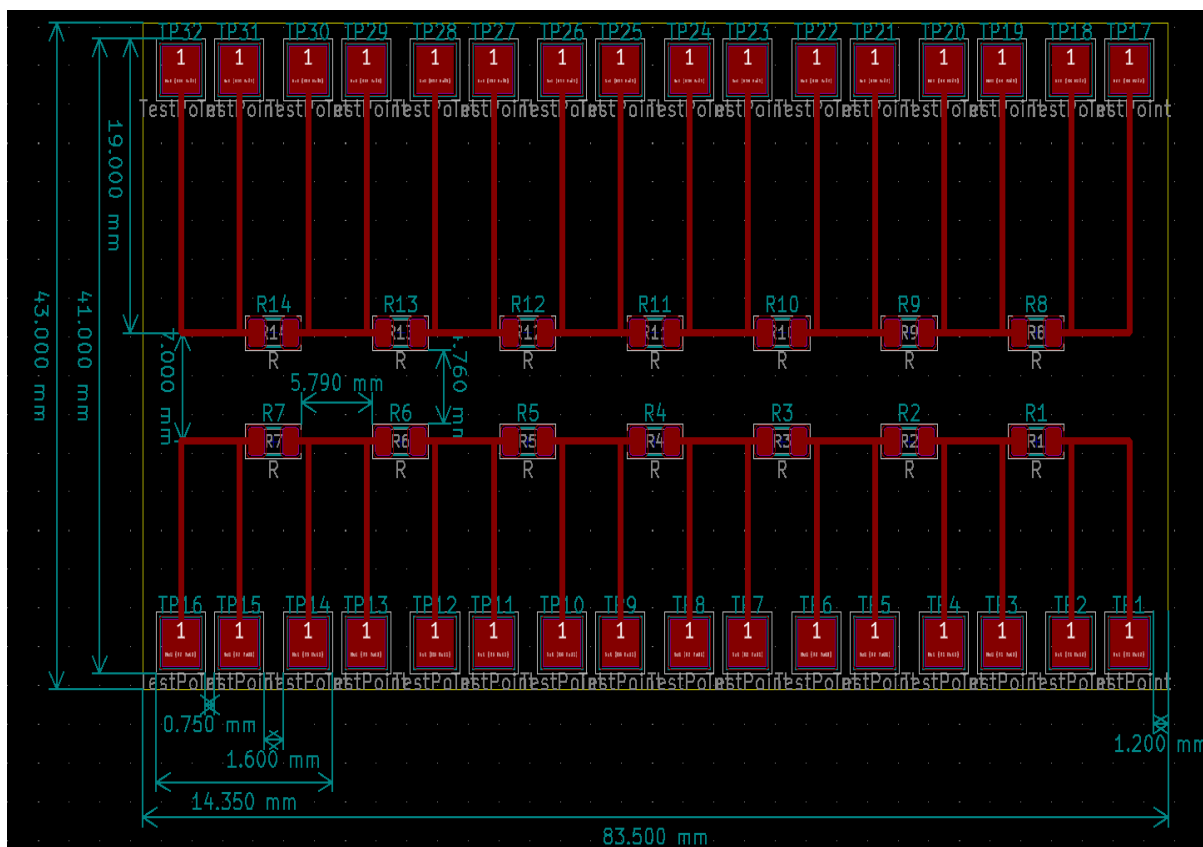
2.1.1. Návrh desek plošných spojů

Pro účel této práce bylo potřeba navrhnout testovací desku pro vytvoření adhezních spojů. Neosazená testovací deska a layout desky jsou zobrazeny Obr. 11 a Obr. 12.



Obr. 11 Neosazená testovací deska

Návrh desky byl vytvořen ve volně dostupném programu KiCAD. Tloušťka desky je 0,6 mm. Deska je uzpůsobena pro čtyřbodovou metodu měření, která je vhodná pro měření malých odporů. Deska je dále uzpůsobena pro osazení nulovými rezistory 0R0 typu 1206. Plošky pro měření elektrického odporu jsou čtvercového tvaru o rozměrech 3x3 mm. Tento rozměr byl vybrán z knihovny KiCAD. Testovací desky plošného spoje měly měděnou a HAL povrchovou úpravu a byly vyrobeny ve firmách Semach s.r.o. a PRINTED s.r.o.



Obr. 12. Layout DPS

Pro snazší provedení je kótování u měřicích plošek a plošek pro rezistory provedeno od tolerančních boxů (vnějších bílých čar).

2.1.2. Nulové rezistory

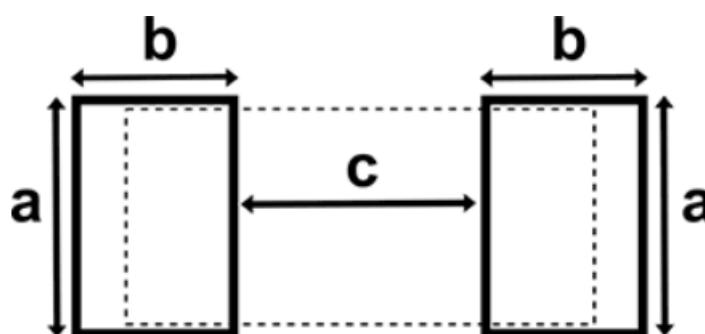
Pro osazení desek byly použity SMD rezistory s „nulovým“ odporem (0R0 - jumper), s povrchovou úpravou určenou pro lepené spoje typu 1206 (viz Obr. 13). Na Obr 14 a Obr. 15 jsou uvedeny rozměry a vzdálenost kontaktních plošek (padů) pro osazení na DPS. Na Obr. 16 jsou uvedeny velikosti kontaktů pro různé typy pouzder součástek.



Obr. 13 SMD rezistor 1206 [7]

Code		Length (l)		Width (w)		Height (h)		Power
Imperial	Metric	inch	mm	inch	mm	inch	mm	Watt
0201	0603	0.024	0.6	0.012	0.3	0.01	0.25	1/20 (0.05)
0402	1005	0.04	1.0	0.02	0.5	0.014	0.35	1/16 (0.062)
0603	1608	0.06	1.55	0.03	0.85	0.018	0.45	1/10 (0.10)
0805	2012	0.08	2.0	0.05	1.2	0.018	0.45	1/8 (0.125)
1206	3216	0.12	3.2	0.06	1.6	0.022	0.55	1/4 (0.25)

Obr. 14 Tabulka rozměrů SMD pouzder [7]



Obr. 15 Rozměry kontaktů pro SMD pouzdra [7]

Code		Pad length (a)		Pad width (b)		Gap (c)	
Imperial	Metric	inch	mm	inch	mm	inch	mm
0201	0603	0.012	0.3	0.012	0.3	0.012	0.3
0402	1005	0.024	0.6	0.020	0.5	0.020	0.5
0603	1608	0.035	0.9	0.024	0.6	0.035	0.9
0805	2012	0.051	1.3	0.028	0.7	0.047	1.2
1206	3216	0.063	1.6	0.035	0.9	0.079	2.0
1218	3246	0.19	4.8	0.035	0.9	0.079	2.0

Obr. 16 Tabulka rozměrů kontaktních plošek na desce plošného spoje („padů“) pro montáž SMD pouzder [7]

2.1.3. Použitá lepidla a laky

V práci byla použita dvě lepidla, a to ELPOX SC 70MN a Permacol 2369/2. Dále byl použit vodivý lak dodaný ve formě pera Circuit®Works Conductive Pen CW 2200, vodivý stříbrný lak Silberleitlack a černý uhlíkový lak Wire Glue™.

2.1.3.1. CircuitWorks® Conductive Pen CW 2200

CW 2200 je pero od firmy Chemtronics obsahující stříbrem plněný polymer. Velikost stříbrných částic je v rozsahu 10 -15 μm . Maximální teplota vytvrzování je 150 °C po dobu 5 minut. Dále je také možné vytvrzovat při teplotě 25 °C po dobu 30 minut. Udávaná vodivost je v rozsahu 0,00005 – 0,000125 Ωcm . Tento produkt je primárně určen pro vytváření vodivých cest a opravy plošných spojů. [9]. Podoba pera je uvedena na Obr. 17.



Obr. 17 Pero CW 2200 [8]

2.1.3.2 ELPOX SC 70MN

ELPOX SC 70MN je jednosložkové lepidlo od firmy Amepox Microelectronics Ltd. Vazební složka je z epoxid-fenolové pryskyřice. Vodivá složka lepidla je tvořena stříbrnými částicemi. Podíl vodivé složky v lepidle je 70 % hmotnosti lepidla. Špičková vytvrzovací teplota při použití tunelové pece je 200 °C po dobu 10 minut. Při použití pece s cirkulací vzduchu je doporučeno vytvrzovat při 180 °C po dobu 40 – 60 minut nebo při 200 °C po dobu 20 minut. Udávaná rezistivita je v rozsahu $(1,0 - 2,5) \cdot 10^{-6} \Omega\text{m}$. Maximální krátkodobá provozní teplota je 200 °C. Rozsah provozní teploty je od -55 do 200 °C. Hustota lepidla je 2,1 – 2,4 g/cm^3 . [11]

2.1.3.3. Permacol 2369/2

Permacol 2369 je jednosložkové lepidlo od firmy Permacol bv. Vazební složku tvoří epoxidová pryskyřice a vodivá složka je tvořená stříbrnými částicemi o velikosti menší než 50 µm. Rezistivita lepidla je $3 \cdot 10^{-4} \Omega\text{cm}$. Lepidlo lze vytvrzovat při následujících parametrech: 150 °C/ 3 min, 125°C/ 6 min, 110 °C/ 10 min, 100 °C/ 15 min nebo 80 °C/60 min [12]. Použité lepidlo mělo prošlou expirační dobu.

2.1.3.4. Wire Glue™

Wire Glue je lak firmy Anders products. Obsahuje netoxickou vazebnou složku a uhlíkové plnivo.

2.1.3.5 Silberleitlack

Silberleitlack je stříbrný lak od společnosti VS – ELECTRONIC. Obsah stříbra je 47,25 % (viz Obr. 24). Lak je dodáván ve skleněné lahvičce v dávce 3g k bývá také dodávána 50 ml lahvička ředidla. Tento lak je určen pro výrobu a opravu plošných spojů. Doporučené parametry sušení jsou: 30 minut při 20 °C, 10 minut při 80 °C, 5 minut při 150 °C [16]. Dodávané lepidlo je uvedeno na Obr. 18



Obr. 18 Lahvička se Silberleitlack [16]

2.1.4. Nanesení lepidel a laku na DPS

Šablonový tisk je jednou z metod nanášení vodivých lepidel na DPS. Šablonový tisk se používá pro rychlé nanášení, kdy je ve spodní části přístroje na šablonový tisk upnuta jedna nebo více desek a v horní části v těsné blízkosti desky/desek je upnuta šablona. Přes šablonu je pak těrkou na příslušná místa na desce protlačeno lepidlo.

Obě lepidla byla nanesena DPS na prototypovém pracovišti katedry elektrotechnologie FEL ČVUT.

Podrobněji se lze o různých možnostech tisku přečíst v [10]. Šablona uchycená v potiskovacím zařízení je uvedena na Obr. 19



Obr. 19 Šablona uchycená v přístroji pro šablonový tisk

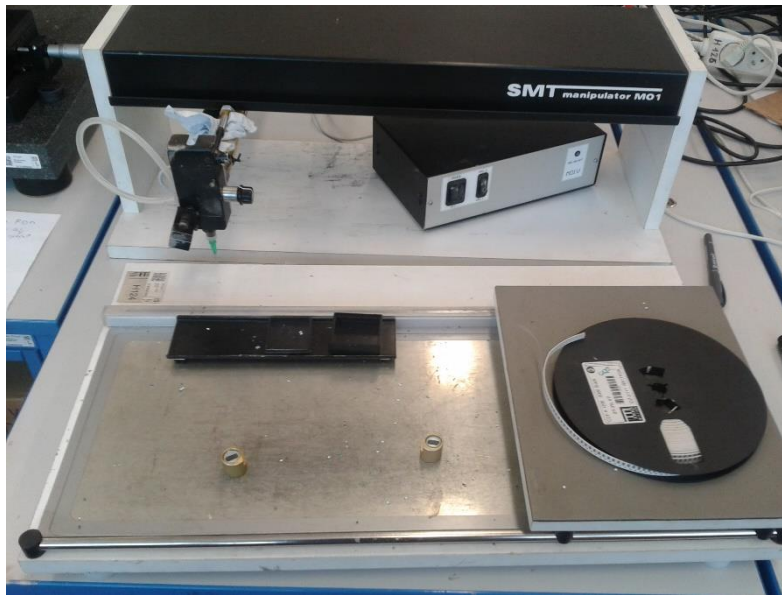
CW 2200 byl na desky nanesen ručně bez použití šablonového tisku přímo pomocí pera, které je uzpůsobeno pro přímé nanášení na kontaktované plošky DPS a poté byly osazeny 0R0 odpory. Wire Glue a Silberleitlack byly také naneseny ručně, přes ručně zhotovenou masku z pásky. V těchto případech nebyly osazovány 0R0 rezistory a měřeny byly proužky vytvořené lepidlem (vodivým lakem).

ELPOX SC 70MN, Permacol 2369/2 (pro které byly 0R0 odpory osazeny) a CW 2200 byly naneseny na desky s HAL úpravou. Silberleitlack a Wire Glue byly naneseny na desky s měděnou povrchovou úpravou.

2.1.5. Osazení DPS

Desky s natištěnými lepidly osazované 0R0 rezistory byly osazeny na ručním SMT manipulátoru na prototypovém pracovišti. V případě laku CW 2200 byla část vzorků osazena 0R0 odpory a část desek byla pouze potištěna. V tomto případě byly z lepidla vytvořeny proužky laku bez osazení rezistory.

V případě Wire Glue a Silberleitlack byly desky pouze potištěny proužky bez osazení rezistorů. Na Obr. 20 je vidět použitý ruční SMT manipulátor.



Obr. 20 SMT manipulátor

2.1.6. Vytvrzení

Všechny osazené desky (mimo desky byly na prototypovém pracovišti vytvrzeny v peci. Vytvrzeny v peci vytvrzovací teploty a doby jsou uvedeny v Tab. 1.

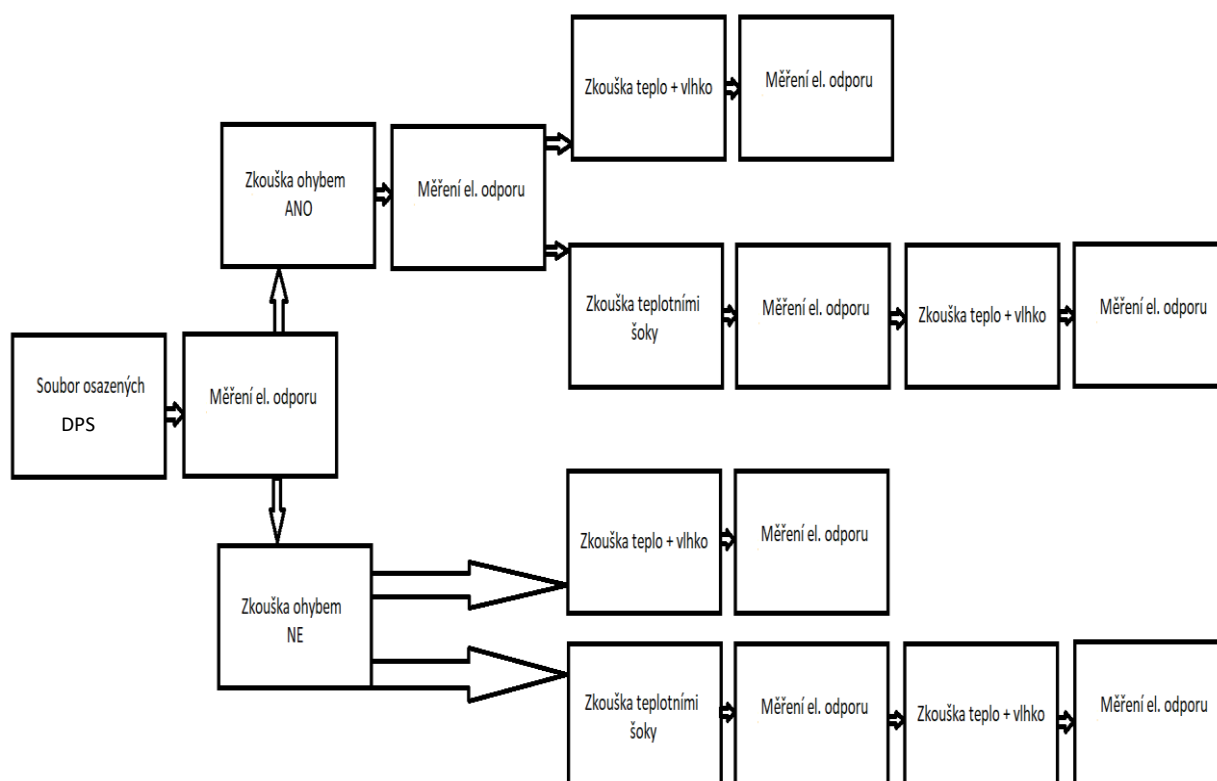
Tab. 1 Nastavené vytvrzovací doby a teploty

Lepidlo/lak	teplota [°C] /čas [min]
ELPOX AX 70MN	180/40
Permacol 2369/2	100/15
CW 2200	135/6
Silberleitlack	120/8

Pro desky s Wire Glue nebyla použita pec pro vytvrzení, desky schnuly v laboratoři při běžné teplotě déle než 48 hodin.

2.2. Průběh experimentu

V tomto experimentu byla provedena kombinace různých zkoušek. Schéma průběhu experimentu je zobrazeno na Obr. 21. Obrázek platí pro desky natištěné lepidly ELPOX SC 70MN, Permacol 2369/2 a CW 2200. Pro Silberleitlack a Wire Glue platí jen částečně (viz dále).



Obr. 21 Diagram průběhu zkoušek a měření experimentu

Obr. 21 Popisuje průběh zkoušek pro desky osazené s použitím jednoho lepidla. Diagram platí stejně pro obě lepidla. Dále platí i pro vodivý lak, tak že desky osazené rezistory a neosazené se berou jako dva samostatné vstupní soubory.

Dále byly ze stejného balení rezistorů, které bylo použito pro účel osazení desek, vybrány dva soubory rezistorů, které podstoupily mimo ohybové zkoušky stejnou posloupnost měření a zkoušek jako zkoušené desky. Pro měření odporu rezistorů a odporu plošných spojů byly použity různé metody.

U Wire Glue a Silberleittack nebyla provedena, po dohodě s vedoucím práce, zkouška kombinací tepla a vlhka, která následovala po zkoušce teplotními šoky. Podrobný rozpis provedených zkoušek viz Kap. 2.4.

2.2.1. Parametry prováděných zkoušek

2.2.1.1. Mechanická zkouška ohybem

Výpočet ohybové (normálové síly vzhledem k rovině DPS) a smykové síly (rovnoběžné s rovinou DPS) v adhezním spoji při ohybu s odpory 1206 byl proveden v diplomové práci [17]. Pro daný typ DPS byla určena průměrná smyková síla 31,5 N a průměrná normálová síla 1,45 N.

2.2.1.2 Zkouška kombinací teplo a vlhko

Pro tuto zkoušku byly nastaveny počáteční parametry 85 °C a 85 % relativní vlhkost. Délka zkoušky byla 168 hodin. Desky byly umístěny do komory CTS (na Obr. 22).



Obr. 22 Klimatická komora [13]

2.2.1.3 Zkouška teplotními šoky

Desky byly umístěny do komory CTS (na Obr. 23). Horní extrémní teplota byla + 80 °C. Dolní extrémní teplota byla stanovena na – 40 °C. Doba setrvání desky v jednom extrémním stavu byla 15 minut. Doba změny teplotního stavu byla přibližně 12 sekund. Doba trvání jednoho cyklu byla tedy přibližně 30 minut. Desky, které byly podrobeny zkoušce teplotními šoky, prošly všechny shodně třiceti šoky.



Obr. 23 Šoková komora [14]

2.2.3. Měření elektrického odporu

Pro měření byl použit miliohmometer HP 4338B (Obr 24). 0R0 odpory byly, kvůli své velikosti a možnosti vybavení, měřeny dvoubodovou metodou. Adhezní spoje byly měřeny čtyřbodovou metodou. Čtyřbodová metoda je vhodná pro měření malých odporů, kdy již nelze zanedbat vliv přechodového odporu kontaktů a vliv odporu přívodních vodičů. Přístroj měří při frekvenci 1 kHz.

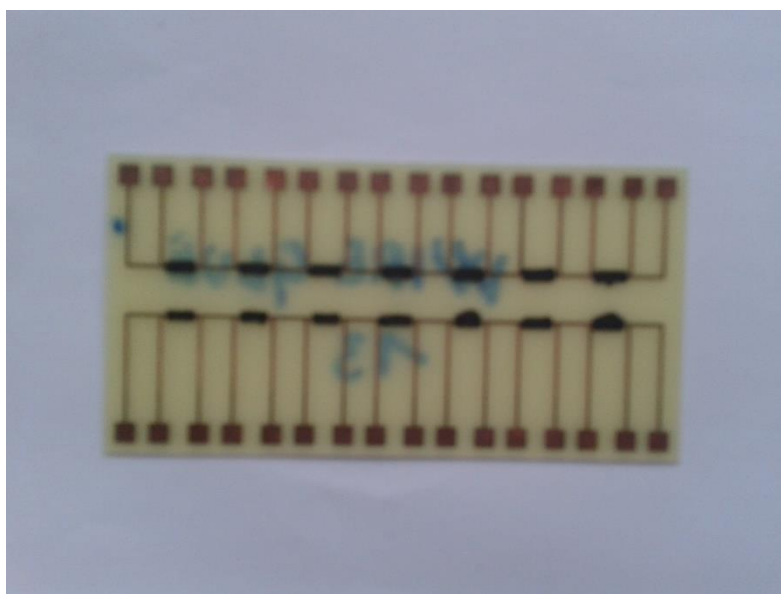


Obr. 24 Miliohmometer HP 4338B [15]

2.3. Zpracování dat

V tomto odstavci budou ukázány a vysvětleny použité formáty tabulek s měřenými a vypočtenými hodnotami. Všechny tabulky budou uvedeny v přílohách, zde budou uvedeny pouze příklady.

Z Obr. 11 je patrné, že desky je možno osadit 14 rezistory ve dvou řadách, kde v každé řadě může být osazeno 7 rezistorů. Případně mohou být desky pouze potištěny stejnými počty proužků. Na Obr. 25 je uvedena jako příklad deska potištěná proužky Wire Glue.



Obr. 25 Deska potištěná Wire Glue

Na Obr. 25 je vidět označení v podobě tečky v levém horním rohu desky. Formát tabulky naměřených hodnot odporu spojů je na Obr. 26.

Deska č. 13						
0,1963	0,3246	0,2471	0,1558	0,3210	0,2521	0,3024
0,3519		0,3035	0,2836	0,2894	0,2133	0,2231

Obr. 26. Formát tabulky naměřených hodnot odporu natištěných proužků Wire Glue v $k\Omega$

Rozložení tabulky odpovídá rozložení desky tedy dvě řady po sedmi rezistorech/proužcích. Z tabulky lze tedy snadno odečíst konkrétní naměřenou hodnotu pro konkrétní pozici na desce. V tabulkách pro naměřené hodnoty se mohou vyskytnout prázdná pole. V těchto pozicích nešlo hodnotu elektrického odporu na dané pozici změřit, např. z důvodu, kdy nulový odpor odpadl.

Tabulky naměřených hodnot byly převedeny do sloupcového formátu. V případě tabulek pro osazené desky byla od každé naměřené hodnoty odečtena hodnota el. odporu součástky $14,5\text{ m}\Omega$. Následně byly hodnoty vyděleny dvěma a do sloupcových tabulek umístěny dvakrát, protože rezistor je uchycen na dvou místech a jedna naměřená hodnota tedy obsahuje dva spoje.

V případě tabulek pro desky, které byly pouze potištěny, obsahuje jedna naměřená hodnota 1 adhezní spoj. Není tedy třeba nic odečítat a dělit dvěma.

Dále bylo provedeno matematické vyrovnání, kdy z každé byla z každé tabulky odebrána nejvyšší a nejnižší hodnota.

Následně byly z tabulek po matematickém vyrovnání vypočteny pro každou desku medián, směrodatná odchylka a aritmetický průměr.

Z aritmetických průměrů a mediánů naměřených hodnot odporů spojů pro jednotlivé desky, které podstoupily konkrétní typ (kombinaci) zkoušek (viz. Kapitola 2.4) byl vypočten aritmetický průměr. Z těchto výsledných aritmetických průměrů byly vypočteny relativní změny elektrického odporu. Jako referenční hodnoty byly brány vždy výsledné aritmetické průměry prvního měření (tedy hodnoty před jakoukoliv zkouškou). Tabulky s výslednými průměry a relativními změnami jsou uvedeny v Kapitole 2.6.

2.4. Rozdělení a počet desek pro zkoušky

V této kapitole jsou vedeny tabulky s rozpisem zkoušek pro konkrétní desky. V Tab. 2 a Tab. 3 je uveden vždy rozpis všech zkoušek pro konkrétní desku. Mezery v číslování jsou způsobeny tím, že ne všechny desky byly po prvním měření nebo vizuální kontrole vhodné k dalšímu testování. (Např. špatné osazení).

Tab. 2 Rozpis desek s povrchovou úpravou HAL

Rozdělení DPS pro jednotlivé zkoušky – cínová povrchová úprava				
Lepidlo/Lak	Číslo desky	1. zkouška - ohyb	2. zkouška	3. zkouška
ELPOX SC 70MN	1	ANO	šoky	teplo + vlhko
	2	ANO	šoky	teplo + vlhko
	3	ANO	teplo + vlhko	nic
	4	ANO	teplo + vlhko	nic
	7	NE	šoky	teplo + vlhko
	8	NE	šoky	teplo + vlhko
	9	NE	teplo + vlhko	nic
	10	NE	teplo + vlhko	nic
Permacol 2369/2	1	ANO	šoky	teplo + vlhko
	2	NE	šoky	teplo + vlhko
	4	ANO	teplo + vlhko	nic
	9	NE	teplo + vlhko	nic
CW 2200 s rezistory	1	NE	šoky	teplo + vlhko
	3	NE	teplo + vlhko	nic
	4	ANO	teplo + vlhko	nic
	5	ANO	šoky	teplo + vlhko
	7	ANO	šoky	teplo + vlhko
	8	ANO	teplo + vlhko	nic
CW 2200 bez rezistorů	1	ANO	šoky	teplo + vlhko
	2	NE	šoky	teplo + vlhko
	3	NE	šoky	teplo + vlhko
	4	ANO	šoky	teplo + vlhko
	5	NE	teplo + vlhko	nic
	6	ANO	teplo + vlhko	nic
	7	ANO	teplo + vlhko	nic
	8	NE	teplo + vlhko	nic

Tab. 3 Rozpis desek s měděnou povrchovou úpravou

Rozdělení DPS pro jednotlivé zkoušky – měděná povrchová úprava			
Lak	Číslo desky	1. zkouška - ohyb	2. zkouška
Wire Glue	1	ANO	ŠOKY
	2	ANO	ŠOKY
	3	ANO	ŠOKY
	4	ANO	ŠOKY
	5	ANO	VLHKO + TEPLO
	6	ANO	VLHKO + TEPLO
	7	ANO	VLHKO + TEPLO
	8	ANO	VLHKO + TEPLO
	9	NE	ŠOKY
	10	NE	ŠOKY
	11	NE	ŠOKY
	12	NE	ŠOKY
	13	NE	VLHKO + TEPLO
	14	NE	VLHKO + TEPLO
	15	NE	VLHKO + TEPLO
	16	NE	VLHKO + TEPLO
Silberleitlack	1	NE	ŠOKY
	2	NE	ŠOKY
	3	NE	ŠOKY
	4	NE	ŠOKY
	5	NE	VLHKO + TEPLO
	6	NE	VLHKO + TEPLO
	7	NE	VLHKO + TEPLO
	8	NE	VLHKO + TEPLO
	9	ANO	ŠOKY
	10	ANO	ŠOKY
	11	ANO	ŠOKY
	12	ANO	ŠOKY
	13	ANO	VLHKO + TEPLO
	14	ANO	VLHKO + TEPLO
	15	ANO	VLHKO + TEPLO
	16	ANO	VLHKO + TEPLO

2.5. Vliv zkoušek na OR0 odpory

Pro zjištění, jak zátěžové zkoušky adhezních spojů ovlivňují hodnotu OR0 odporů použitých pro vytváření těchto spojů, byly tyto odpory namáhány stejným způsobem. Bylo zjištěno, že maximální

změny jsou v rozmezí -4 až +6%. Proto byla hodnota odporů v celém průběhu testování uvažována jako konstantní.

2.6. Výsledky měření

V této kapitole jsou uvedeny tabulky výsledných aritmetických průměrů (pro všechny lepidla a laky) vypočítaných z mediánů a aritmetických průměrů desek, které podstoupily podle rozpisů z Kapitoly 2. 4. stejný typ zkoušky. V tabulkách jsou uvedeny hodnoty po všech dílčích zkouškách.

Dále jsou v této kapitole uvedeny tabulky a grafy relativních změn výsledných aritmetických průměrů.

V Tab. 4 a Tab. 5 je uvedeno vysvětlení k vodorovné ose grafů na Obr. 27 - 38. Jednotlivá čísla typu zkoušky na této ose popisují kombinace zkoušek.

Tab. 4 Popis vodorovné osy grafů pro desky s povrchovou úpravou HAL

	OHYB	TEPLO + VLHKO	ŠOKY	ŠOKY A TEPLO + VLHKO
1. TYP	ANO	ANO	NE	NE
2. TYP	ANO	NE	ANO	ANO
3. TYP	NE	ANO	NE	NE
4. TYP	NE	NE	ANO	ANO

Tab. 5 Popis vodorovné osy grafů pro desky s měděnou povrchovou úpravou

	OHYB	TEPLO + VLHKO	ŠOKY
1. TYP	ANO	ANO	NE
2. TYP	ANO	NE	ANO
3. TYP	NE	ANO	NE
4. TYP	NE	NE	ANO

2.6.1. Výsledné tabulky a grafy pro ELPOX SC 70MN

Nulové hodnoty v následujících v tabulkách znamenají, že v daném typu zkoušky dílčí zkouška neproběhla. Hodnoty odporů spojů v Tab. 6 a Tab. 7 jsou uvedeny v Ω , hodnoty relativních změn v Tab. 8 a Tab. 9 jsou uvedeny v procentech.

Tab. 6 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro ELPOX SC 70MN/HAL

Aritmetické průměry z mediánů z desek po dílčích zkouškách pro ELPOX SC 70MN					
	PŘED OHYBEM	OHYB	TEPLO + VLHKO	ŠOKY	ŠOKY A TEPLO + VLHKO
1. TYP	0,0716	0,0598	0,3084	0	0
2. TYP	0,0575	0,0679	0	0,1077	0,4580
3. TYP	0,0613	0	0,3503	0	0
4. TYP	0,0494	0	0	0,0652	0,2108

Tab. 7 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách ELPOX SC 70MN/HAL

Aritmetické průměry z průměrů desek po dílčích zkouškách pro ELPOX SC 70MN					
	PŘED OHYBEM	OHYB	TEPLO + VLHKO	ŠOKY	ŠOKY A TEPLO + VLHKO
1. TYP	0,0898	0,0660	0,4595	0	0
2. TYP	0,0689	0,0784	0	0,1551	1,2699
3. TYP	0,0631	0	0,6260	0	0
4. TYP	0,0539	0	0	0,1001	0,3682

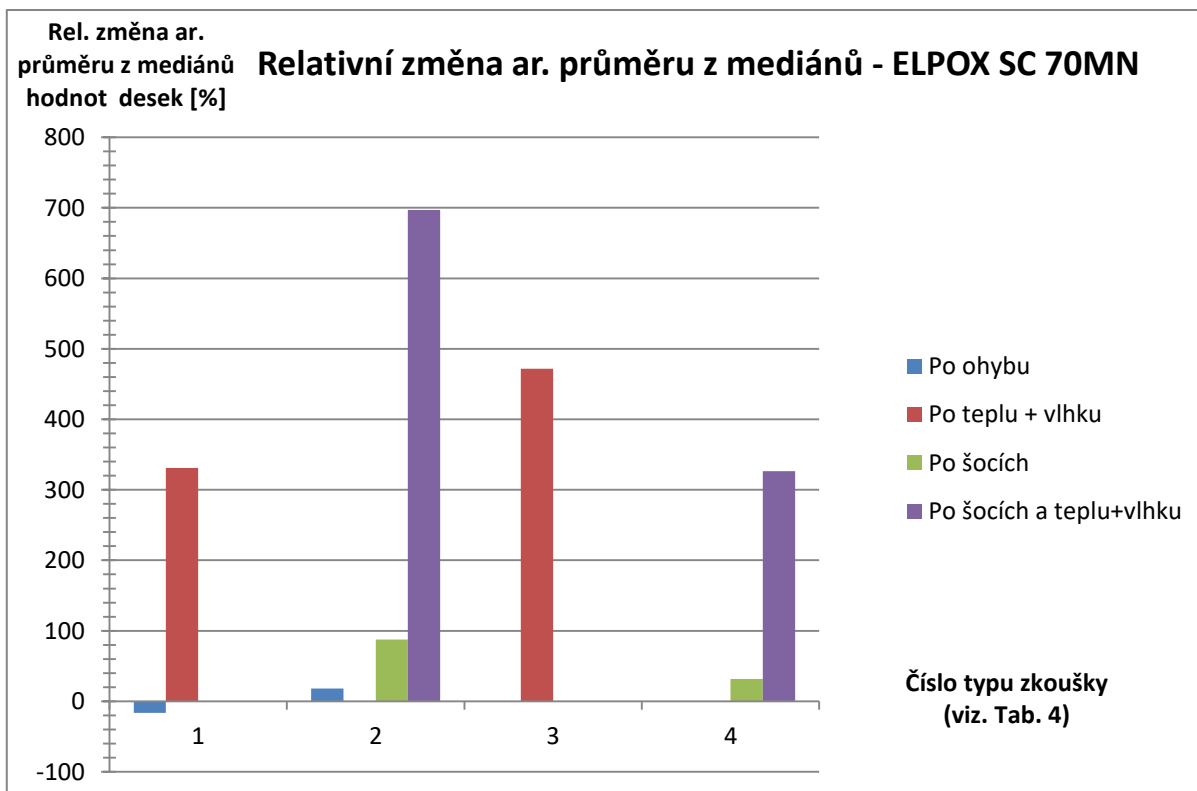
Tab. 8 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro ELPOX SC 70MN/HAL

Relativní změny aritmetických průměrů z mediánů desek pro ELPOX SC 70MN				
	PO OHYBU	PO TEPLU + VLHKU	PO ŠOCÍCH	PO ŠOCÍCH a TEPLU + VLHKU
1. TYP	-16,39	330,89	0	0
2. TYP	18,08	0	87,38	696,92
3. TYP	0	471,88	0	0
4. TYP	0	0	31,82	326,36

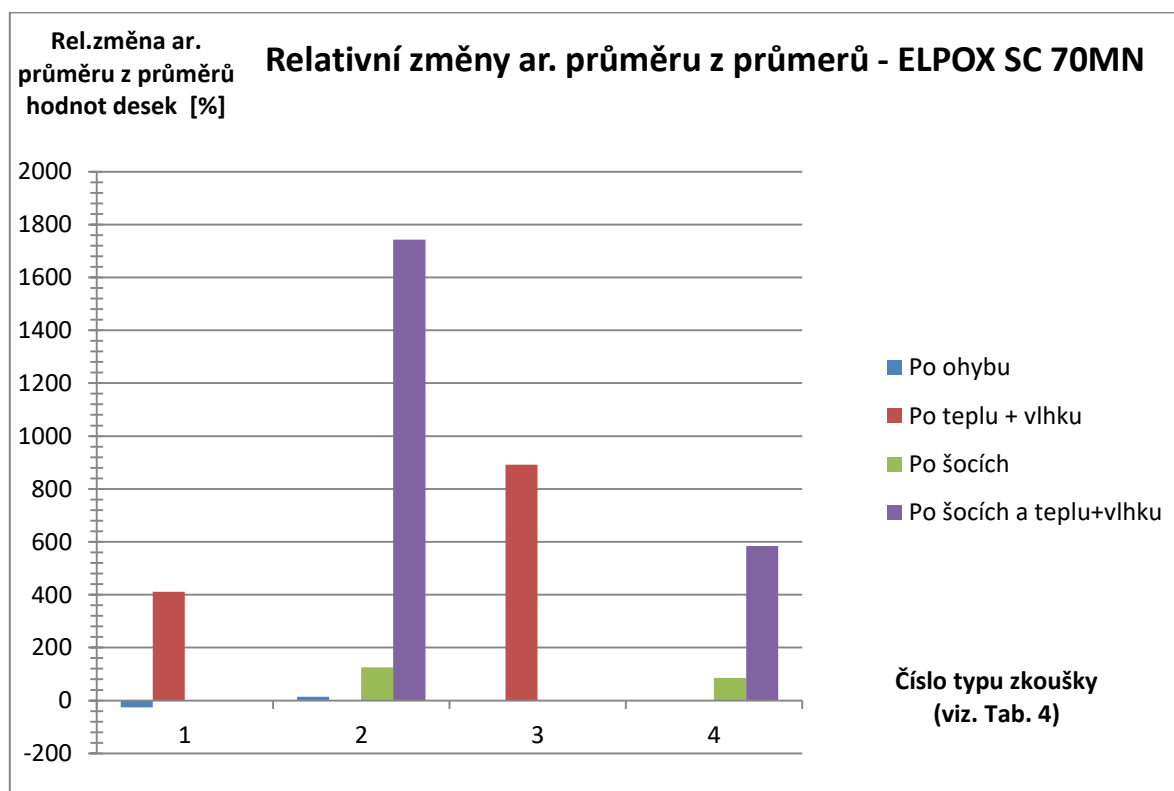
Tab. 9 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro ELPOX SC 70MN/HAL

Relativní změny aritmetických průměrů z průměrů desek pro ELPOX SC 70MN				
	PO OHYBU	PO TEPLU + VLHKU	PO ŠOCÍCH	PO ŠOCÍCH a TEPLU + VLHKU
1. TYP	-26,48	411,45	0	0
2. TYP	13,90	0	125,06	1743,09
3. TYP	0	891,51	0	0
4. TYP	0	0	85,84	583,65

Na Obr. 27 a Obr. 28 jsou graficky znázorněny hodnoty z Tab. 8 a Tab. 9.



Obr. 27 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro ELPOX SC 70 MN/HAL



Obr. 28 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro ELPOX SC 70 MN/HAL

2.6.2 Výsledné tabulky a grafy pro Permacol 2369/2

Hodnoty odporů spojů v Tab. 10 a Tab. 11 jsou uvedeny v Ω , hodnoty relativních změn v Tab. 12 a Tab. 13 jsou uvedeny v procentech.

Tab. 10 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Permacol 2369/2/HAL

Aritmetické průměry z mediánů desek po dílčích zkouškách pro Permacol 2369/2					
	PŘED OHYBEM	OHYB	TEPLO + VLHKO	ŠOKY	ŠOKY A TEPLO + VLHKO
1. TYP	0,8483	1,3218	0,3330	0	0
2. TYP	0,6933	1,5708	0	0,5045	0,7533
3. TYP	0,837	0	0,2887	0	0
4. TYP	0,3701	0	0	0,2384	0,22

Tab. 11 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Permacol 2369/2/HAL

Aritmetické průměry z průměrů desek po dílčích zkouškách pro Permacol 2369/2					
	PŘED OHYBEM	OHYB	TEPLO + VLHKO	ŠOKY	ŠOKY A TEPLO + VLHKO
1. TYP	0,9677	1,7766	0,5049	0	0
2. TYP	0,7915	1,7490	0	1,6059	1,7071
3. TYP	0,9302	0	0,3411	0	0
4. TYP	0,7447	0	0	0,2699	0,2654

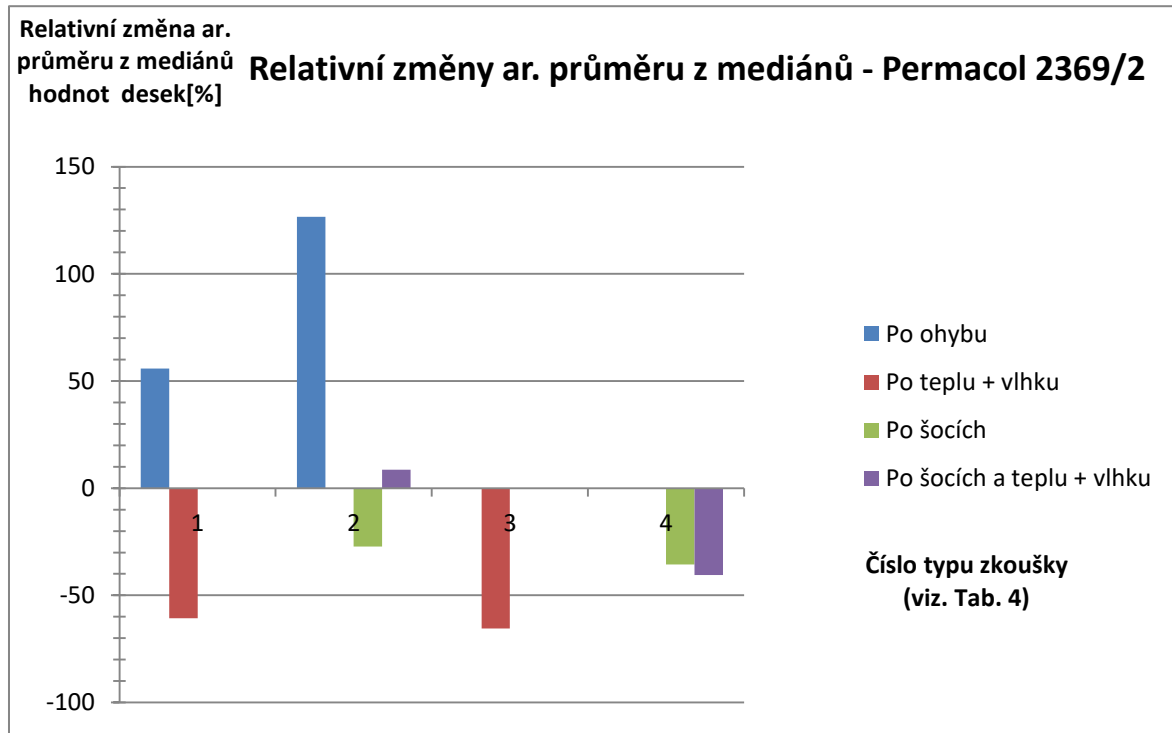
Tab. 12 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Permacol 2369/2/HAL

Relativní změny aritmetických průměrů z mediánů desek pro Permacol 2369/2				
	PO OHYBU	PO TEPLU + VLHKU	PO ŠOCÍCH	PO ŠOCÍCH a TEPLU + VLHKU
1. TYP	55,82	-60,75	0	0
2. TYP	126,58	0	-27,23	8,65
3. TYP	0	-65,50	0	0
4. TYP	0	0	-35,59	-40,56

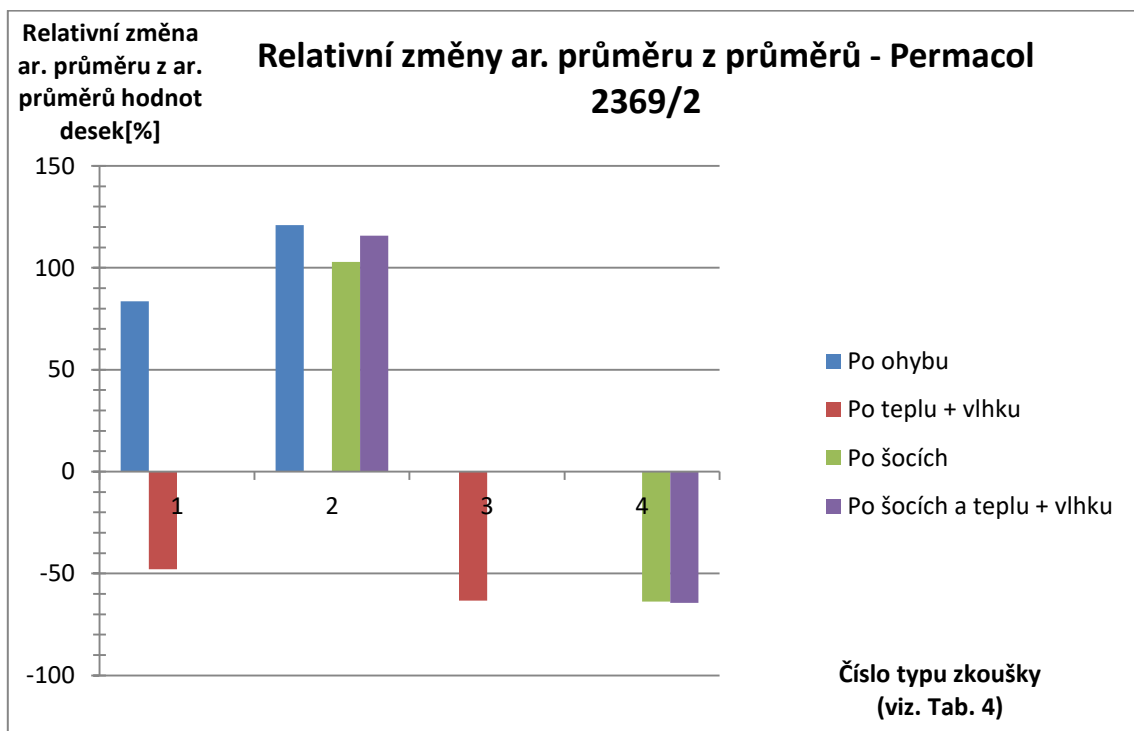
Tab. 13 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Permacol 2369/2/HAL

Relativní změny aritmetických průměrů z průměrů desek pro Permacol 2369/2				
	PO OHYBU	PO TEPLU + VLHKU	PO ŠOCÍCH	PO ŠOCÍCH a TEPLU + VLHKU
1. TYP	83,60	-47,83	0	0
2. TYP	120,98	0	102,90	115,68
3. TYP	0	-63,33	0	0
4. TYP	0	0	-63,76	-64,35

Na Obr. 29 a Obr. 30 jsou graficky znázorněny hodnoty z Tab. 12 a Tab. 13.



Obr. 29 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Permacol 2369/2/HAL



Obr. 30 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Permacol 2369/2/HAL

2.6.3 Výsledné tabulky a grafy pro Chemtronix CW 2200 s rezistory

Hodnoty odporů spojů v Tab. 14 a Tab. 15 jsou uvedeny v Ω , hodnoty relativních změn v Tab. 16 a Tab. 17 jsou uvedeny v procentech.

Tab. 14 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 s osazením/HAL

Aritmetické průměry z mediánů desek po dílčích zkouškách pro CW 2200 s osazením					
	PŘED OHYBEM	OHYB	TEPLO + VLHKO	ŠOKY	ŠOKY A TEPLO + VLHKO
1. TYP	0,1293	0,1851	0,1334	0	0
2. TYP	0,1143	0,1569	0	0,1827	0,1363
3. TYP	0,2066	0	0,2115	0	0
4. TYP	0,2297	0	0	0,2599	0,1303

Tab. 15 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 s osazením/HAL

Aritmetické průměry z průměrů desek po dílčích zkouškách pro CW 2200 s osazením					
	PŘED OHYBEM	OHYB	TEPLO + VLHKO	ŠOKY	ŠOKY A TEPLO + VLHKO
1. TYP	0,4193	0,8410	0,7345	0	0
2. TYP	0,2061	0,3428	0	0,3939	0,2182
3. TYP	1,1193	0	0,5047	0	0
4. TYP	0,3545	0	0	0,2983	0,2739

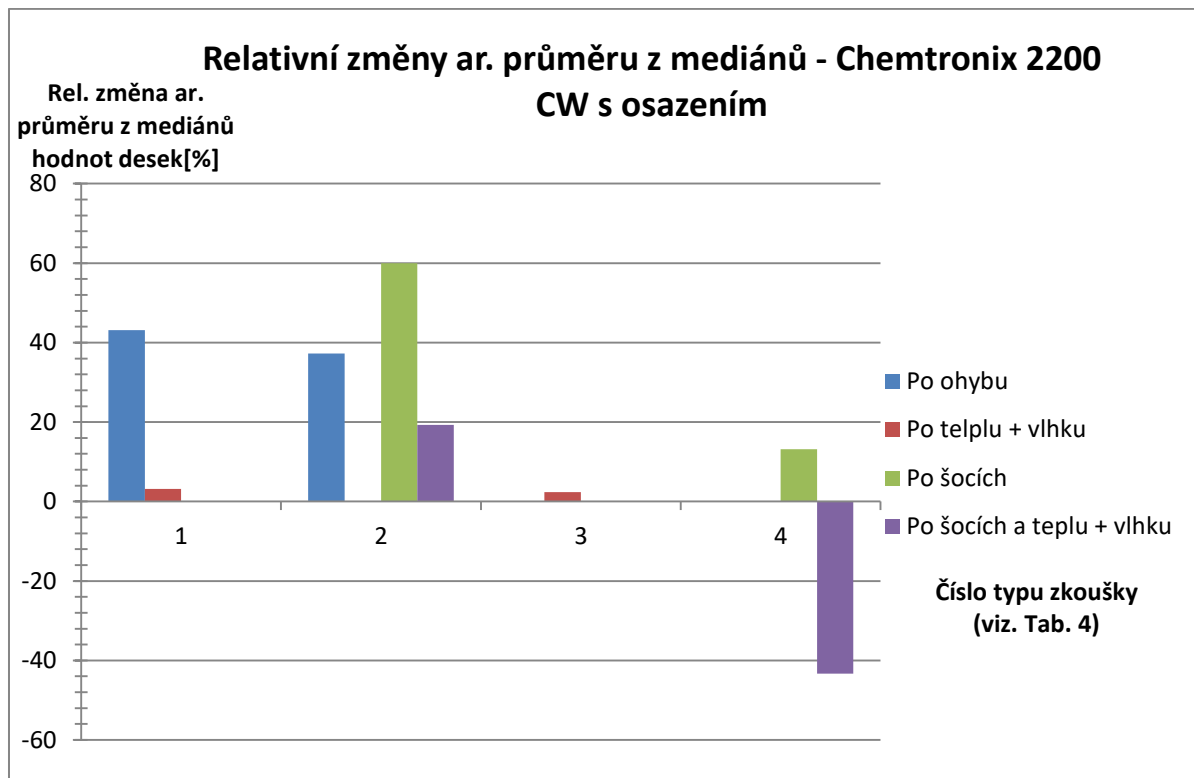
Tab. 16 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 s osazením/HAL

Relativní změny aritmetických průměrů z mediánů desek pro CW 2200 s osazením				
	PO OHYBU	PO TEPLU + VLHKU	PO ŠOCÍCH	PO ŠOCÍCH a TEPLU + VLHKU
1. TYP	43,15	3,19	0	0
2. TYP	37,22	0	59,94	19,26
3. TYP	0	2,38	0	0
4. TYP	0	0	13,15	-43,28

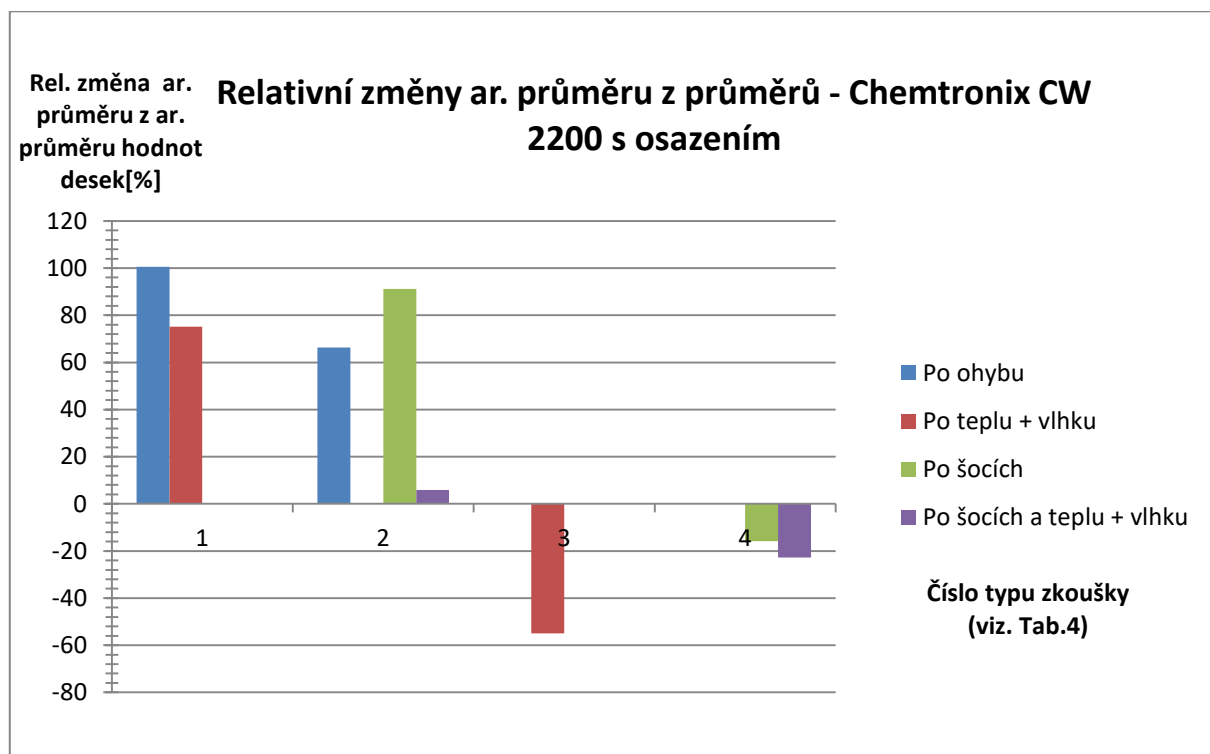
Tab. 17 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 s osazením/HAL

Relativní změny aritmetických průměrů z průměrů desek pro CW 2200 s osazením				
	PO OHYBU	PO TEPLU + VLHKU	PO ŠOCÍCH	PO ŠOCÍCH a TEPLU + VLHKU
1. TYP	100,59	75,17	0	0
2. TYP	66,32	0	91,13	5,89
3. TYP	0	-54,90	0	0
4. TYP	0	0	-15,87	-22,75

Na Obr. 31 a Obr. 32 jsou graficky znázorněny hodnoty z Tab. 16 a Tab. 17.



Obr. 31 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 s osazením/HAL



Obr. 32 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách CW 2200 s osazením/HAL

2.6.4 Výsledné tabulky a grafy pro Chemtronix CW 2200 bez rezistorů

Hodnoty odporů spojů v Tab. 18 a Tab. 19 jsou uvedeny v mΩ, hodnoty relativních změn v Tab. 20 a Tab. 21 jsou uvedeny v procentech.

Tab. 18 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 bez osazení/HAL

Aritmetické průměry z mediánů desek po dílčích zkouškách pro CW 2200 bez osazení					
	PŘED OHYBEM	OHYB	TEPLO + VLHKO	ŠOKY	ŠOKY A TEPLO + VLHKO
1. TYP	37,26	38,30	33,9	0	0
2. TYP	36,66	38,33	0	41,28	33,3
3. TYP	31,53	0	29,16	0	0
4. TYP	39,98	0	0	41,06	35,65

Tab. 19 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 bez osazení/HAL

Aritmetické průměry z průměrů desek po dílčích zkouškách pro CW 2200 bez osazení					
	PŘED OHYBEM	OHYB	TEPLO + VLHKO	ŠOKY	ŠOKY A TEPLO + VLHKO
1. TYP	37,88	38,15	34,48	0	0
2. TYP	37,27	38,15	0	40,85	34,12
3. TYP	35,13	0	31,60	0	0
4. TYP	46,23	0	0	46,86	40,48

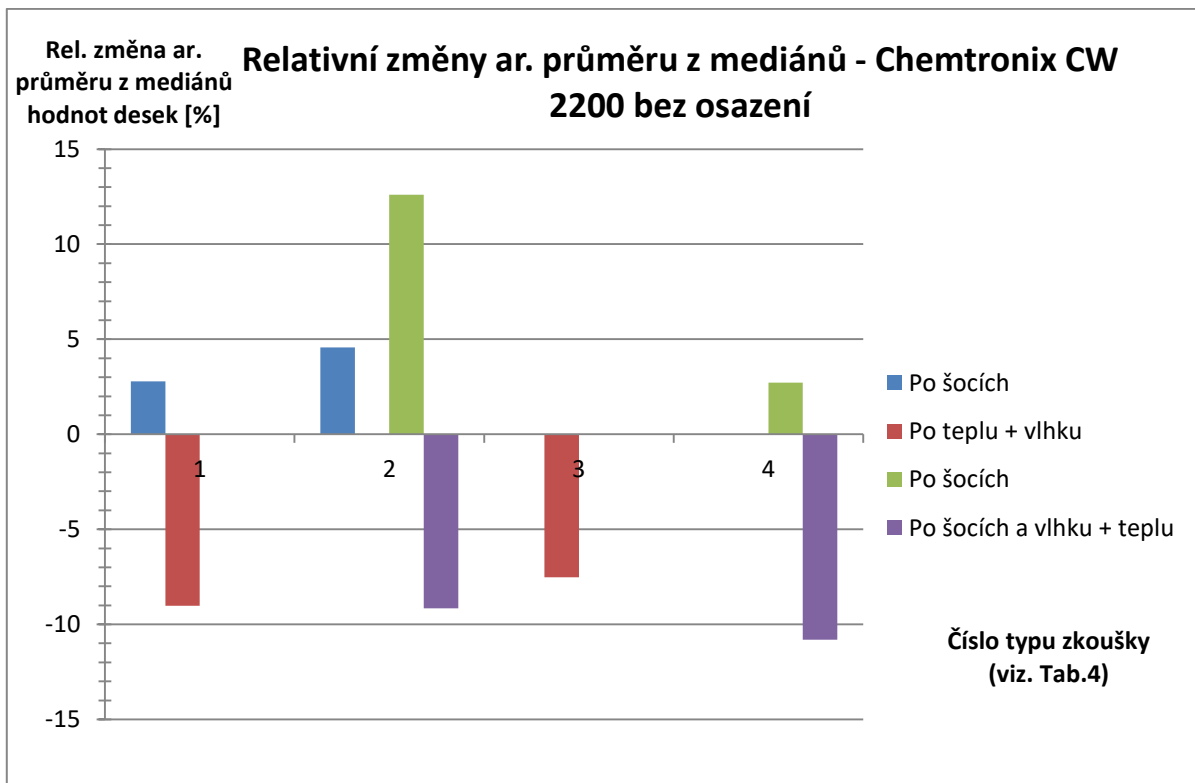
Tab. 20 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 bez osazení/HAL

Relativní změny aritmetických průměrů z mediánů desek pro CW 2200 bez osazení				
	PO OHYBU	PO TEPLU + VLHKU	PO ŠOCÍCH	PO ŠOCÍCH a TEPLU + VLHKU
1. TYP	2,78	-9,02	0	0
2. TYP	4,56	0	12,60	-9,15
3. TYP	0	-7,52	0	0
4. TYP	0	0	2,71	-10,81

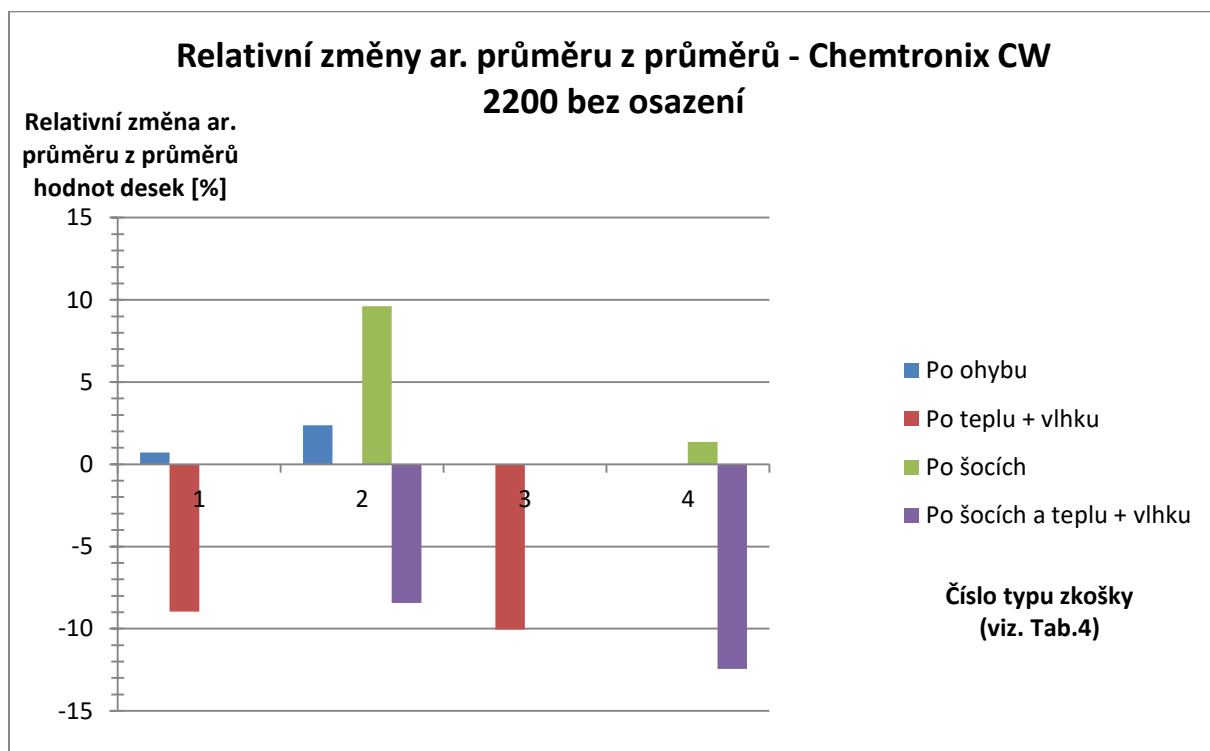
Tab. 21 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 bez osazení/HAL

Relativní změny aritmetických průměrů z průměrů desek pro CW 2200 bez osazení				
	PO OHYBU	PO TEPLU + VLHKU	PO ŠOCÍCH	PO ŠOCÍCH a TEPLU + VLHKU
1. TYP	0,72	-8,97	0	0
2. TYP	2,37	0	9,61	-8,44
3. TYP	0	-10,05	0	0
4. TYP	0	0	1,36	-12,45

Na Obr. 33 a Obr. 34 jsou graficky znázorněny hodnoty z Tab. 20 a Tab. 21.



Obr. 33 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 bez osazení/HAL



Obr. 34 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 bez osazení/HAL

2.6.5 Výsledné tabulky a grafy pro Silberleitleack

Hodnoty odporů spojů v Tab. 22 a Tab. 23 jsou uvedeny v Ω , hodnoty relativních změn v Tab. 24 a Tab. 25 jsou uvedeny v procentech.

Tab. 22 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Silberleitleack/Cu

Aritmetické průměry z mediánů desek po dílčích zkouškách pro Silberleitleack				
	PŘED OHYBEM	OHYB	TEPLO + VLHKO	ŠOKY
1. TYP	0,1475	0,1532	0,6418	0
2. TYP	0,2041	0,2083	0	0,1967
3. TYP	0,4496	0	0,9354	0
4. TYP	0,2339	0	0	0,2288

Tab. 23 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Silberleitleack/Cu

Aritmetické průměry z průměrů desek po dílčích zkouškách pro Silberleitleack				
	PŘED OHYBEM	OHYB	TEPLO + VLHKO	ŠOKY
1. TYP	0,1484	0,1538	0,9420	0
2. TYP	0,2645	0,2713	0	0,2566
3. TYP	0,4789	0	1,3716	0
4. TYP	0,3403	0	0	0,3469

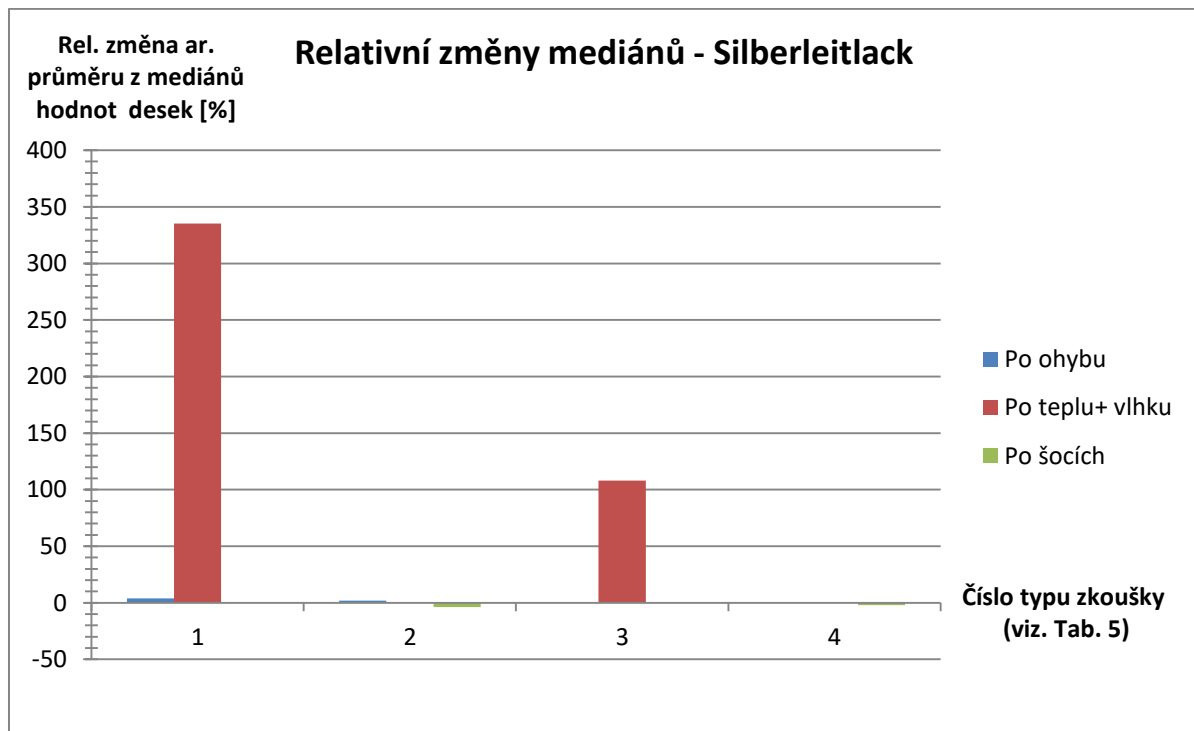
Tab. 24 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Silberleitleack/Cu

Relativní změny aritmetických průměrů z mediánů desek pro Silberleitleack			
	PO OHYBU	PO TEPLU + VLHKU	PO ŠOCÍCH
1. TYP	3,84	335,18	0
2. TYP	2,05	0	-3,69
3. TYP	0	108,06	0
4. TYP	0	0	-2,15

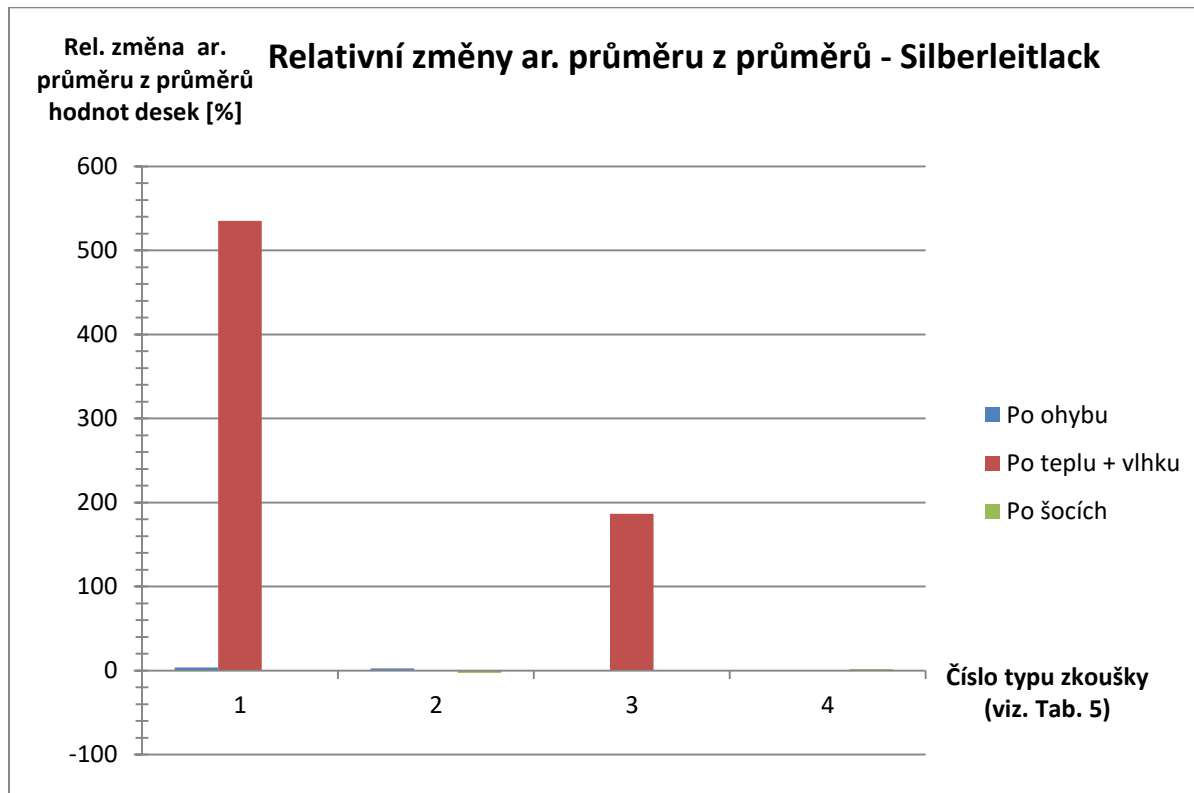
Tab. 25 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Silberleitleack/Cu

Relativní změny aritmetických průměrů z průměrů desek pro Silberleitleack			
	PO OHYBU	PO TEPLU + VLHKU	PO ŠOCÍCH
1. TYP	3,68	534,95	0
2. TYP	2,58	0	-2,99
3. TYP	0	186,42	0
4. TYP	0	0	1,94

Na Obr. 35 a Obr. 36 jsou graficky znázorněny hodnoty z Tab. 24 a Tab. 25.



Obr. 35 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Silberleitlack/Cu



Obr. 36 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z průměrných hodnot odporů spojů na jednotlivých deskách pro Silberleitlack/Cu

2.6.6 Výsledné tabulky a grafy pro Wire Glue

Hodnoty odporů spojů v Tab. 26 a Tab. 27 jsou uvedeny v kΩ, hodnoty relativních změn v Tab. 28 a Tab. 29 jsou uvedeny v procentech.

Tab. 26 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Wire Glue/Cu

Aritmetické průměry z mediánů desek po dílčích zkouškách pro Wire Glue				
	PŘED OHYBEM	OHYB	TEPLO + VLHKO	ŠOKY
1. TYP	0,3222	0,3020	88,9	0
2. TYP	0,2936	0,2730	0	0,3313
3. TYP	0,2397	0	65,7	0
4. TYP	0,2445	0	0	0,2657

Tab. 27 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Wire Glue/Cu

Aritmetické průměry z průměrů desek po dílčích zkouškách pro Wire Glue				
	PŘED OHYBEM	OHYB	TEPLO + VLHKO	ŠOKY
1. TYP	0,3282	0,3064	122,7	0
2. TYP	0,2975	0,2791	0	0,3560
3. TYP	0,2345	0	78,2	0
4. TYP	0,2468	0	0	0,2734

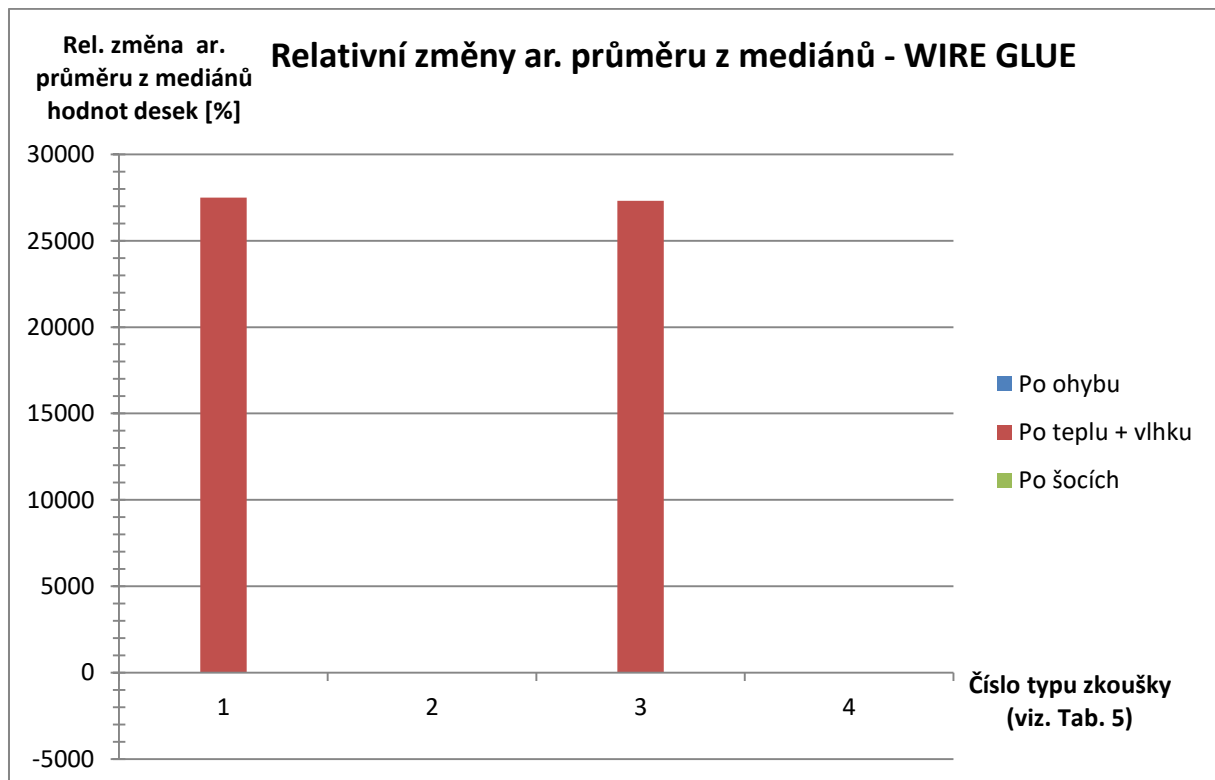
Tab. 28 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Wire Glue/Cu

Relativní změny aritmetických průměrů z mediánů desek pro Wire Glue			
	PO OHYBU	PO TEPLU + VLHKU	PO ŠOCÍCH
1. TYP	-6,28	27498,3	0
2. TYP	-7,01	0	12,82
3. TYP	0	27307,7	0
4. TYP	0	0	8,69

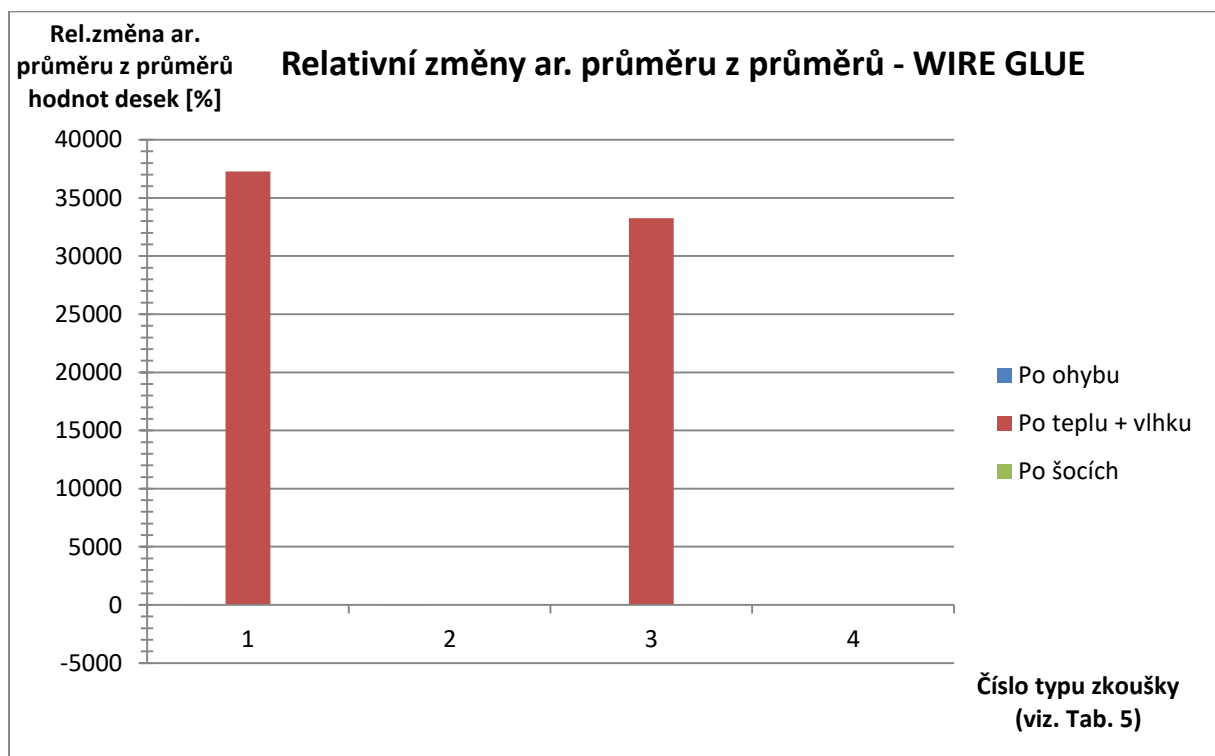
Tab. 29 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Wire Glue/Cu

Relativní změny aritmetických průměrů z průměrů desek pro Wire Glue			
	PO OHYBU	PO TEPLU + VLHKU	PO ŠOCÍCH
1. TYP	-6,63	37273,4	0
2. TYP	-6,19	0	19,66
3. TYP	0	33257,4	0
4. TYP	0	0	10,78

Na Obr. 37 a Obr. 38 jsou graficky znázorněny hodnoty z Tab. 28 a Tab. 29.



Obr. 37 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Wire Glue/Cu



Obr. 38 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Wire Glue/Cu

2.6.7. Souhrnné tabulky výsledků

V tabulkách Tab. 30 a Tab. 31 jsou shrnuty relativní změny pro všechna lepidla a laky.

Tab. 30 Souhrnná tabulka relativních změn mediánů vypočtených z aritmetických průměrů hodnot jednotlivých desek, hodnoty uvedeny v procentech

Zkouška	Lepidlo / Lak					
	ELPOX SC 70MN	Permacol 2369/2	CW 2200 s osazením	CW 2200 bez osazení	Silberleitlack	Wire Glue
Šoky	31,82	-35,59	13,15	2,71	-2,15	8,69
Teplo + Vlhko	471,88	-65,50	2,38	-7,52	108,06	27307,7
Šoky a Teplo + Vlhko	326,36	-40,56	-43,28	-10,81	neprovedeno	neprovedeno
Ohyb (před šoky)	18,08	126,58	37,22	4,56	2,05	-7,01
Ohyb (před T+V)	-16,39	55,82	43,15	2,78	3,84	-6,28
Ohyb a Šoky	87,38	-27,23	59,94	12,60	-3,69	12,82
Ohyb a Teplo + Vlhko	330,89	-60,75	3,19	-9,02	335,18	27498,3
Ohyb a Šoky a Teplo + Vlhko	696,92	8,65	19,26	-9,15	neprovedeno	neprovedeno

Tab. 31 Souhrnná tabulka relativních změn aritmetických průměrů vypočtených z aritmetických průměrů hodnot jednotlivých desek, hodnoty uvedeny v procentech

Zkouška	Lepidlo / Lak					
	ELPOX SC 70MN	Permacol 2369/2	CW 2200 s osazením	CW 2200 bez osazení	Silberleitlack	Wire Glue
Šoky	85,84	-63,76	-15,87	1,36	1,94	10,78
Teplo + Vlhko	891,51	-63,33	-54,90	-10,05	186,42	33257,4
Šoky a Teplo + Vlhko	583,65	-64,35	-22,75	-12,45	neprovedeno	neprovedeno
Ohyb (před šoky)	13,90	120,98	66,32	2,37	2,58	-6,19
Ohyb (před T+V)	-26,48	83,60	100,59	0,72	3,68	-6,63
Ohyb a Šoky	125,06	102,90	91,13	9,61	-2,99	19,66
Ohyb a Teplo + Vlhko	411,45	-47,83	75,17	-8,97	534,95	37273,4
Ohyb a Šoky a Teplo + Vlhko	1743,09	115,68	5,89	-8,44	neprovedeno	neprovedeno

3. Závěr

Byly provedeny experimenty se dvěma typy elektricky vodivých lepidel ELPOX SC 70MN, Permacol 2369/2 a třemi typy elektricky vodivých laků CW 2200, Silberleitlack, Wire glue. Byl sledován odpor adhezních spojů vytvořených z vodivých lepidel na Cu povrchu připojovacích plošek (padů) na desce plošného spoje montáží odporů s "nulovou" hodnotou typu 1206. Dále byl sledován odpor adhezních spojů vytvořených tiskem pásků z vodivých laků spojujících připojovací plošky s povrchem HAL. Povrch Cu byl pro lepidla zvolen proto, protože takto jsou vodivá lepidla v praxi reálně užívána. Povrch HAL pro vodivé laky byl vybrán proto, protože laky jsou většinou užívány pro opravy plošných spojů, kde je možné se často setkat s úpravou HAL. Je třeba poznamenat, že všechna použitá vodivá lepidla, i vodivé laky, s výjimkou laku Wire glue, měly vodivou složku ze stříbra a měly vysokou elektrickou vodivost, na rozdíl od laku Wire glue. Tento lak, který výrobce také označuje za "vodivý", je založen na vodní bázi a je plněný uhlíkem. Ukázalo se, že pásky natištěné z tohoto laku měly odpor v k Ω . Proto se jednalo o lak odporový, nikoliv vodivý.

ELPOX SC 70MN

U lepidla ELPOX SC 70MN je patrné, že mechanická zkouška měla na relativní změnu elektrického odporu sama o sobě nejmenší vliv. U tohoto lepidla se na změně elektrického odporu projevila zkouška teplotními šoky. Nejvýraznější vliv na relativní změnu odporu spojů měla zkouška kombinace tepla a vlhka. Vzhledem ke kladné relativní změně se více projevil vliv vlhkosti než zvýšené teploty prostředí. Z Obr. 27 a Obr. 28 je patrné, že kombinace všech tří zkoušek měla na zvýšení odporu spojů podstatně vyšší vliv než mechanické namáhání, teplotní šoky a šoky následované expozicí v prostředí zvýšené teploty a vlhkosti. Lze předpokládat, že při kombinaci typů namáhání došlo k největšímu narušení vazební složky lepidla, průniku vlhkosti vazební složkou a oxidaci částic vodivé složky lepidla.

Permacol 2369/2

Toto lepidlo bylo použito po optimální době jeho skladování. To bylo zřejmě příčinou většího rozptylu hodnot odporu spojů, které z něj byly vytvořeny. To se projevilo různými průběhy aritmetického průměru vypočteného z průměrných hodnot odporů na jednotlivých deskách a aritmetického průměru vypočteného z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách (viz Obr. 29 a Obr. 30). U tohoto lepidla se nejvíce projevila mechanická zkouška ohybem. Na rozdíl od mechanické zkoušky je z Obr. 29 a Obr. 30 patrné, že klimatické zkoušky měly na adhezní spoje kladný vliv, tedy došlo ke snížení odporu adhezních spojů. Tato situace nastala jak po dílčích klimatických zkouškách, tak po zkoušce šoky následované teplem a vlhkem. Zlepšování kvality spojů lze opět vysvětlit dotvrzováním lepidla.

CW 2200

U tohoto laku se u spojů z tohoto laku vytvořených osazením OR0 odporů se nejvíce negativně projevila mechanická zkouška ohybem. Z Obr. 31 a 32 je patrné, že mechanické zkoušky vyvolaly zvýšení odporu spojů, zatímco klimatické zkoušky měly na adhezní spoje spíše pozitivní vliv.

Negativní vliv ohybu lze vysvětlit tím, že lak není primárně určen pro osazování součástek a tedy i pro mechanické namáhání. Z Obr. 33 a 34 je vidět, že na vzorky neosazené rezistory měl ohyb minimální

vliv. Tento lak se v případě doporučeného použití jeví jako odolný a stabilní, protože po žádné dílčí zkoušce nedošlo k relativní změně elektrického odporu o víc než 15 %.

Silberleitlack

U tohoto laku se nejvíce projevila zkouška teplem a vlhkem, kdy větší vliv měla vlhkost než teplota. Z Obr. 35 a Obr. 36 je patrné, že vliv teplotních šoků na odpor spojů byl zanedbatelný. Kombinace ohybu se zkouškou teplem a vlhkem měla výrazně větší vliv než zkouška pouze teplem a vlhkem.

Wire Glue

Z Obr. 37 a Obr. 38 je patrné, že se u laku Wire Glue se nejvíce projevila zkouška teplem a vlhkem bez ohledu na ostatní zkoušky. Vlastnosti tohoto typu laku jsou však nepodstatné, protože, jak bylo již konstatováno, tento lak není použitelný jako vodivý lak.

Shrnutí

V experimentální části se ukázalo, že různé typy zkoušek mohou mít, na odpor adhezních spojů vytvořených z různých typů lepidel a laků, různý vliv. Dále se ukázalo, že dílčí zkoušky mají, ve většině případů, na odpor adhezních spojů menší vliv než kombinace několika zkoušek jdoucí po sobě.

Seznam obrázků

Obr. 1 Stříbrné šupinky [1]	11
Obr. 2 Pozlacené Cu částice [1].....	11
Obr. 3 Stříbrné nanokuličky [1]	11
Obr. 4 Stříbrná nanovlákná [1]	11
Obr. 5 Uhlíkové nanotrubičky [1]	11
Obr. 6 Typická perkolační křivka [2]	12
Obr. 7 Princip vodivosti ICA [3]	12
Obr. 8 Principiální schéma adhezního spoje s ICA [4]	13
Obr. 9 Detaily spoje s ACA s různými kombinacemi materiálů [3]	13
Obr. 10 Principiální schéma adhezního spoje s ACA [4]	13
Obr. 11 Neosazená testovací deska	16
Obr. 12. Layout DPS	17
Obr. 13 SMD rezistor 1206 [7]	17
Obr. 14 Tabulka rozměrů SMD pouzder [7]	18
Obr. 15 Rozměry plošek pro SMD pouzdra [7]	18
Obr. 16 Tabulka rozměrů kontaktních plošek na desce plošného spoje („padů“) pro montáž SMD pouzder [7]	18
Obr. 17 Pero CW 2200 [8]	19
Obr. 18 Lahvička se Silberleitlack [16]	20
Obr. 19 Šablona uchycená v přístroji pro šablonový tisk	21
Obr. 20 SMT manipulátor	22
Obr. 21 Diagram průběhu zkoušek a měření experimentu	23
Obr. 22 Klimatická komora [13]	24
Obr. 23 Šoková komora [14]	25
Obr. 24 Miliohmmeter HP 4338B [15]	25
Obr. 25 Deska potištěná Wire Glue	26
Obr. 26 Formát tabulky naměřených hodnot odporu natištěných proužků Wire Glue v k Ω	26
Obr. 27 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro ELPOX SC 70 MN/HAL	31
Obr. 28 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro ELPOX SC 70 MN/HAL.....	31
Obr. 29 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Permacol 2369/2/HAL	33
Obr. 30 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Permacol 2369/2/HAL	33

Obr. 31 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 s osazením/HAL	35
Obr. 32 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách CW 2200 s osazením/HAL	35
Obr. 33 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 bez osazení/HAL.....	37
Obr. 34 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 bez osazení/HAL	37
Obr. 35 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Silberleitleack/Cu	39
Obr. 36 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z průměrných hodnot odporů spojů na jednotlivých deskách pro Silberleitleack/Cu	39
Obr. 37 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Wire Glue/Cu	41
Obr. 38 Relativní změny aritmetického průměru vypočteného z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Wire Glue/Cu	41
Zadejte název kapitoly (úroveň 1).	1

Seznam tabulek

Tab. 1 Nastavené vytvrzovací doby a teploty	22
Tab. 2 Rozpis desek s povrchovou úpravou HAL	28
Tab. 3 Rozpis desek s měděnou povrchovou úpravou	29
Tab. 4 Popis vodorovné osy grafů pro desky s povrchovou úpravou HAL	30
Tab. 5 Popis vodorovné osy grafů pro desky s měděnou povrchovou úpravou	30
Tab. 6 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro ELPOX SC 70MN/HAL	30
Tab. 7 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách ELPOX SC 70MN/HAL	31
Tab. 8 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro ELPOX SC 70MN/HAL.....	31
Tab. 9 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro ELPOX SC 70MN/HAL	31
Tab. 10 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Permacol 2369/2/HAL	33
Tab. 11 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Permacol 2369/2/HAL	33
Tab. 12 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Permacol 2369/2/HAL	33

Tab. 13 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Permacol 2369/2/HAL	33
Tab. 14 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 s osazením/HAL	35
Tab. 15 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 s osazením /HAL.....	35
Tab. 16 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 s osazením/HAL.....	35
Tab. 17 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 s osazením /HAL.....	35
Tab. 18 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 bez osazení/HAL.....	37
Tab. 19 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 bez osazení/HAL	37
Tab. 20 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 bez osazení/HAL	37
Tab. 21 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro CW 2200 bez osazení/HAL	37
Tab. 22 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Silberleitlack/Cu	39
Tab. 23 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Silberleitlack/Cu	39
Tab. 24 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Silberleitlack/Cu	39
Tab. 25 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Silberleitlack/Cu	39
Tab. 26 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Wire Glue/Cu	41
Tab. 27 Vypočtené hodnoty aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Wire Glue/Cu	41
Tab. 28 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z mediánů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Wire Glue/Cu	41
Tab. 29 Vypočtené hodnoty rel. změn aritmetických průměrů z aritmetických průměrů hodnot odporů na jednotlivých deskách pro Wire Glue/Cu	41
Tab. 30 Souhrnná tabulka relativních změn mediánů vypočtených z aritmetických průměrů hodnot jednotlivých desek, hodnoty uvedeny v procentech.....	43
Tab. 31 Souhrnná tabulka relativních změn aritmetických průměrů vypočtených z aritmetických průměrů hodnot jednotlivých desek, hodnoty uvedeny v procentech	43
Zadejte název kapitoly (úroveň 1).	1

Seznam zkratek

ECA -Electrically Conductive Adhesive

ICA - Isotropic Conductive Adhesive

ACA - Anisotropic Conductive Adhesive

DPS - Deska Plošného Spoje

RoHS – Restriction of Hazardous Substances

HAL – Hot Air Leveling

Seznam užitých zdrojů

[1] MACH, Pavel. Modifikovaná elektricky vodivá lepidla. Electroscopie [online]. 2009, (2) [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: http://ek702p10-ket.fel.zcu.cz/images/PDF/Rocnik2009/cislo2_2009_Diagnostika/r3c2c7.pdf

[2] Y. Li, D. Lu, a C. P. Wong, Electrical Conductive Adhesives with Nanotechnologies. Boston, MA: Springer US, 2010.

[3] Morris J. E., Liu J. Electrically Conductive Adhesives (ECAs) [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <https://pdfs.semanticscholar.org/d4aa/b6bcd54c10676edcfdd609eb47d16ede4add.pdf>

[4] Chapter B: Flip-Chip Technology: B1. Level 1. Introduction to Flip-Chip techniques. The Nordic Electronics Packaging Guideline 2000. [Online]. [Viděno: 2019-05-22] Dostupné z: <http://extra.ivf.se/ngl/b-flip-chip/ChapterB1.htm>

[5] Lacina, Robert. Modelování klimatických změn spojů realizovaných vodivými lepidly. Praha, 2018. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce doc. Ing. Pavel Mach, CSc.

[6] Žalská, Pavlína. Stárnutí spojů vytvořených elektricky vodivými lepidly. Praha, 2017. Diplomová práce. České vysoké učení technické v Praze. Vedoucí práce doc. Ing. Pavel Mach, CSc.

[7] RESISTORS AND SIZE PACKAGES [online]. [cit. 2019-05-22]. Dostupné z: <http://www.resistorguide.com/resistor-sizes-and-packages/>

[8] Internetové stránky firmy RS Components [online]. [cit. 2019-05-21] Dostupné z: <https://cz.rs-online.com/web/p/vodiva-lepidla/0496243/>

[9] Datasheet k vodivému peru Circuit®Works Conductive Pen CW 2200. [online]. [cit. 2019-05-21] Dostupné z: <https://docs-emea.rs-online.com/webdocs/0751/0900766b80751045.pdf>

- [10] Klíma, Filip. Tištěné součástky pro elektroniku. Plzeň, 2018. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Ing. Jiří Navrátil
- [11] Datasheet k lepidlu ELPOX SC 70MN. [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: http://www.amepox-mc.com/files/ELPOX_SC70MN.pdf
- [12] Datasheet k lepidlu Permacol 2369/2. [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.mewa-electronic.com/index.php?lang=1&cl=download&sfileid=qsn6012ed47dd8984aa44c2c6d9e0008>
- [13] Climatic Test Cabinets, Series C. CTS [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.cts-umweltsimulation.de/en/products/climate-c.html>
- [14] Thermal Shock Test Chambers, Series TSS [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.cts-umweltsimulation.de/en/products/shock-tss.html>
- [15] Keysight technologiis. [online]. [cit. 2019-05-23]. Dostupné z: <https://www.keysight.com/en/pd-1000000859%3Aeapsg%3Apro-pn-4338B/milliohmmeter-1-khz?cc=CZ&lc=eng>
- [16] Internetové stránky firmy VS – ELECTRONICS. [online]. [cit. 2019-12-27]. Dostupné z: <https://www.vs-electronic.com/haus-garten-werkstatt/werkstatt/kleben-und-reparieren/silberleitlack-47-25-scheibenheizungreparatur-platinenreparatur-leitsilber-3g/a-493409>
- [17] V. Krejzlík: Studium vlastností elektricky vodivých lepidel, ČVUT v Praze, FEL, 2002 pp. 35-39. Vedoucí práce doc. Ing. Pavel Mach, CSc.

Přílohy

Seznam příloh

Seznam příloh	50
<i>PŘÍLOHY PRO ELPOX SC 70 MN (1-12), HODNOTY ODPORU UVEDENY V Ω</i>	53
Příloha 1 Naměřené hodnoty před zkouškami.....	53
Příloha 2 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání před zkouškami	54
Příloha 3 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky před zkouškami.....	54
Příloha 4 Naměřené hodnoty po ohybu.....	55
Příloha 5 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po ohybu	56
Příloha 6 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po ohybu	56
Příloha 7 Naměřené hodnoty po šocích.....	57
Příloha 8 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po šocích.....	58
Příloha 9 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po šocích.....	58
Příloha 10 Naměřené hodnoty po teple + vlhku, šocích a teple + vlhku.....	59

Příloha 11 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po teple + vlhku, šocích a teple + vlhku	60
Příloha 12 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po teple + vlhku, šocích teple + vlhku	61
<i>PŘÍLOHY PRO PERMACOL 2369/2 (13-24), HODNOTY ODPORU V Ω</i>	61
Příloha 13 Naměřené hodnoty před zkouškami.....	61
Příloha 14 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání před zkouškami.....	62
Příloha 15 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky před zkouškami.....	62
Příloha 16 Naměřené hodnoty po ohybu.....	63
Příloha 17 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po ohybu	63
Příloha 18 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po ohybu	64
Příloha 19 Naměřené hodnoty po šocích	64
Příloha 20 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po šocích.....	65
Příloha 21 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po šocích.....	65
Příloha 22 Naměřené hodnoty po teple + vlhku, šocích a teple + vlhku.....	66
Příloha 23 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po teple + vlhku, šocích a teple + vlhku	67
Příloha 24 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po teple + vlhku, šocích teple + vlhku	67
<i>PŘÍLOHY PRO CW 2200 S OSAZENÍM (25-36), HODNOTY ODPORU UVEDENY V Ω</i>	68
Příloha 25 Naměřené hodnoty před zkouškami.....	68
Příloha 26 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání před zkouškami.....	69
Příloha 27 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky před zkouškami.....	69
Příloha 28 Naměřené hodnoty po ohybu.....	70
Příloha 29 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po ohybu	71
Příloha 30 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po ohybu	71
Příloha 31 Naměřené hodnoty po šocích	72
Příloha 32 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po šocích.....	72
Příloha 33 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po šocích.....	73
Příloha 34 Naměřené hodnoty po teple + vlhku, šocích a teple + vlhku.....	73
Příloha 35 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po teple + vlhku, šocích a teple + vlhku	74
Příloha 36 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po teple + vlhku, šocích teple + vlhku	74
<i>PŘÍLOHY PRO CW 2200 S BEZ OSAZENÍ (37-48), HODNOTY ODPORU UVEDENY V $m\Omega$</i>	75
Příloha 37 Naměřené hodnoty před zkouškami.....	75
Příloha 38 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání před zkouškami.....	76
Příloha 39 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky před zkouškami.....	76
Příloha 40 Naměřené hodnoty po ohybu.....	76
Příloha 41 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po ohybu	77
Příloha 42 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po ohybu	77

Příloha 43 Naměřené hodnoty po šocích	78
Příloha 44 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po šocích	78
Příloha 45 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po šocích	79
Příloha 46 Naměřené hodnoty po teple + vlhku, šocích a teple + vlhku	79
Příloha 47 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po teple + vlhku, šocích a teple + vlhku	80
Příloha 48 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po teple + vlhku, šocích teple + vlhku	80
<i>PŘÍLOHY PRO SILBERLEITLACK (49-60), HODNOTY ODPORU UVEDENY V Ω</i>	81
Příloha 49 Naměřené hodnoty před zkouškami	81
Příloha 50 Tabulky hodnot po matematickém vyrovnání před zkouškami	83
Příloha 51 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky před zkouškami	84
Příloha 52 Naměřené hodnoty po ohybu	84
Příloha 53 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po ohybu	85
Příloha 54 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po ohybu	86
Příloha 55 Naměřené hodnoty po šocích	86
Příloha 56 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po šocích	87
Příloha 57 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po šocích	87
Příloha 58 Naměřené hodnoty po teple + vlhku	88
Příloha 59 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po teple + vlhku	89
Příloha 60 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po teple + vlhku	89
<i>PŘÍLOHY PRO WIRE GLUE (61-72), HODNOTY ODPORU UVEDENY V $k\Omega$</i>	89
Příloha 61 Naměřené hodnoty před zkouškami	89
Příloha 62 Tabulky hodnot po matematickém vyrovnání před zkouškami	91
Příloha 63 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky před zkouškami	92
Příloha 64 Naměřené hodnoty po ohybu	92
Příloha 65 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po ohybu	94
Příloha 66 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po ohybu	94
Příloha 67 Naměřené hodnoty po šocích	94
Příloha 68 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po šocích	95
Příloha 69 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po šocích	96
Příloha 70 Naměřené hodnoty po teple + vlhku	96
Příloha 71 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po teple + vlhku	97
Příloha 72 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po teple + vlhku	97

PŘÍLOHY PRO ELPOX SC 70 MN (1-12), HODNOTY ODPORU UVEDENY V Ω

Příloha 1 Naměřené hodnoty před zkouškami

Deska č. 1						
0,08284	0,08927	0,09731	0,09781	0,1197	0,10191	0,08207
0,09231	0,08707	0,1328	0,1124	0,10035	0,09617	0,09641

Deska č. 2						
0,1559	0,1697	0,1631	0,1701	0,1546	0,1556	0,1589
0,10062	0,1267	0,2949	0,1631	0,2273	0,2897	0,0752

Deska č. 3						
0,1495	0,0914	0,10058	0,08902	0,10208	0,1006	0,1107
0,09577	0,1257	0,1129	0,06324	0,1574	0,1727	0,07425

Deska č. 4						
0,1059	0,1409	0,1651	0,166	0,1817	0,1163	0,1223
0,1072	0,10392	0,1249	0,1635	0,1607	0,1263	0,0629

Deska č. 7						
0,09277	0,1714	0,2389	0,1592	0,1303	0,1418	0,10339
0,1283	0,1275	0,1686	0,1164	0,1465	0,1159	0,104

Deska č. 8						
0,1182	0,09451	0,08627	0,1446	0,1322	0,2191	0,1464
0,1054	0,09842	0,071	0,0686	0,0764	0,0895	0,079

Deska č. 9						
0,078	0,10027	0,1118	0,1754	0,1637	0,1109	0,1092
0,0932	0,09827	0,1079	0,1398	0,075	0,096	0,0896

Deska č. 10						
0,2189	0,1726	0,2005	0,2577	0,1826	0,1408	0,1452
0,1915	0,1653	0,1776	0,1402	0,1236	0,1475	0,1497

Příloha 2 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání před zkouškami

Číslo desky							
1	2	3	4	7	8	9	10
0,034035	0,0306	0,04924	0,02445	0,039385	0,0273	0,0305	0,0548
0,03442	0,04331	0,06025	0,04496	0,044695	0,0285	0,032	0,0631
0,03442	0,04331	0,06025	0,04496	0,044695	0,0285	0,032	0,0631
0,036535	0,05635	0,07502	0,04595	0,045	0,0312	0,0378	0,0634
0,036535	0,05635	0,07502	0,04595	0,045	0,0312	0,0378	0,0634
0,037635	0,0703	0,0774	0,0466	0,05095	0,0325	0,0396	0,0656
0,037635	0,0703	0,0774	0,0466	0,05095	0,0325	0,0396	0,0656
0,039155	0,0708	0,08177	0,05115	0,0512	0,036135	0,041	0,06675
0,039155	0,0708	0,08177	0,05115	0,0512	0,036135	0,041	0,06675
0,041085	0,07095	0,08658	0,05415	0,05675	0,03775	0,042135	0,06785
0,041085	0,07095	0,08658	0,05415	0,05675	0,03775	0,042135	0,06785
0,041205	0,07245	0,0866	0,05545	0,05715	0,040255	0,043135	0,07565
0,041205	0,07245	0,0866	0,05545	0,05715	0,040255	0,043135	0,07565
0,041655	0,07455	0,08808	0,05615	0,05815	0,04221	0,04695	0,0793
0,041655	0,07455	0,08808	0,05615	0,05815	0,04221	0,04695	0,0793
0,041905	0,07455	0,0967	0,06345	0,0639	0,0457	0,0476	0,0818
0,041905	0,07455	0,0967	0,06345	0,0639	0,0457	0,0476	0,0818
0,043175	0,07785	0,0989	0,07335	0,06625	0,0521	0,04845	0,0843
0,043175	0,07785	0,0989	0,07335	0,06625	0,0521	0,04845	0,0843
0,043955	0,07805	0,1117	0,07475	0,0726	0,0591	0,0489	0,08875
0,043955	0,07805	0,1117	0,07475	0,0726	0,0591	0,0489	0,08875
0,0492	0,10665	0,1355	0,07555	0,0773	0,0653	0,0629	0,09325
0,0492	0,10665	0,1355	0,07555	0,0773	0,0653	0,0629	0,09325
0,05285	0,13785	0,1434	0,076	0,0787	0,0662	0,07485	0,10245
0,05285	0,13785	0,1434	0,076	0,0787	0,0662	0,07485	0,10245
0,0594	0,14045	0,1587	0,08385	0,11245	0,10255	0,0807	0,12185

Příloha 3 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky před zkouškami

Číslo desky	Medián [Ω]	Směrodatná odchylka [Ω]	Aritmetický průměr [Ω]
1	0,0414	0,0060	0,0594
2	0,0735	0,0268	0,0784
3	0,0873	0,0272	0,0958
4	0,0558	0,0141	0,0839
7	0,0576	0,0154	0,0614
8	0,0412	0,0168	0,0463
9	0,0450	0,0129	0,0478
10	0,0774	0,0153	0,0785

Příloha 4 Naměřené hodnoty po ohybu

Deska č. 1						
0,08522	0,09651	0,09818	0,10375	0,1552	0,1105	0,08595
0,09875	0,09956	0,1099	0,1187	0,1093	0,0982	0,0996

Deska č. 2						
0,1896	0,191	0,2132	0,3546	0,181	0,2033	0,1964
0,10897	0,182	0,5406	0,2434	0,3258	0,3928	0,0867

Deska č. 3						
0,1549	0,10596	0,1173	0,10662	0,1116	0,10427	0,1128
0,1151	0,1743	0,1442	0,08013	0,2167	0,3142	0,08065

Deska č. 4						
0,1086	0,1665	0,1931	0,2018	0,2314	0,1365	0,1349
0,1143	0,1061	0,1721	0,2481	0,1948	0,1403	0,06507

Příloha 5 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po ohybu

Číslo desky			
1	2	3	4
0,03561	0,03635	0,033065	0,025535
0,035975	0,047485	0,033325	0,04605
0,035975	0,047485	0,033325	0,04605
0,041255	0,0835	0,045135	0,0473
0,041255	0,0835	0,045135	0,0473
0,04209	0,084	0,04598	0,05015
0,04209	0,084	0,04598	0,05015
0,0421	0,0878	0,04631	0,06045
0,0421	0,0878	0,04631	0,06045
0,042375	0,0885	0,0488	0,06125
0,042375	0,0885	0,0488	0,06125
0,04278	0,0912	0,0494	0,06315
0,04278	0,0912	0,0494	0,06315
0,0428	0,09465	0,05055	0,07625
0,0428	0,09465	0,05055	0,07625
0,044875	0,0996	0,05165	0,07905
0,044875	0,0996	0,05165	0,07905
0,04765	0,1147	0,0651	0,08955
0,04765	0,1147	0,0651	0,08955
0,04795	0,1559	0,07045	0,0904
0,04795	0,1559	0,07045	0,0904
0,04825	0,1703	0,08015	0,0939
0,04825	0,1703	0,08015	0,0939
0,05235	0,1894	0,10135	0,1087
0,05235	0,1894	0,10135	0,1087
0,0706	0,2633	0,1501	0,11705

Příloha 6 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po ohybu

Číslo desky	Medián [Ω]	Směrodatná odchylka [Ω]	Aritmetický průměr [Ω]
1	0,0428	0,0067	0,0449
2	0,0929	0,0507	0,1121
3	0,0499	0,0254	0,0599
4	0,0697	0,0227	0,0721

Příloha 7 Naměřené hodnoty po šocích

Deska č. 1						
0,11152	0,1134	0,10921	0,1091	0,3624	0,1291	0,10391
0,1088	0,1095	0,1199	0,1477	0,2604	0,10168	0,10407

Deska č. 2						
1,086	0,313	0,327	0,578	0,153	0,296	0,2971
0,1295	0,5593	1,224	0,3694	0,8295	1,0556	0,1264

Deska č. 7						
0,1084	0,5904	0,644	0,2369	0,1597	0,2219	0,1495
0,1557	0,1789	0,3294	0,1447	0,261	0,1247	0,1127

Deska č. 8						
0,1246	0,1142	0,1072	0,5748	0,2189	0,8219	0,2213
0,1132	0,1267	0,10776	0,0976	0,0926	0,1104	0,1534

Příloha 8 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po šocích

Číslo desky			
1	2	7	8
0,04384	0,0562	0,0472	0,0393
0,044955	0,05775	0,04935	0,0418
0,044955	0,05775	0,04935	0,0418
0,045035	0,0695	0,05535	0,0466
0,045035	0,0695	0,05535	0,0466
0,0474	0,141	0,06535	0,04688
0,0474	0,141	0,06535	0,04688
0,04755	0,14155	0,06775	0,0482
0,04755	0,14155	0,06775	0,0482
0,047605	0,1495	0,07085	0,0496
0,047605	0,1495	0,07085	0,0496
0,04775	0,1565	0,07285	0,0501
0,04775	0,1565	0,07285	0,0501
0,04876	0,1777	0,08245	0,0553
0,04876	0,1777	0,08245	0,0553
0,0497	0,27265	0,10395	0,05635
0,0497	0,27265	0,10395	0,05635
0,05295	0,282	0,11145	0,0697
0,05295	0,282	0,11145	0,0697
0,05755	0,40775	0,1235	0,10245
0,05755	0,40775	0,1235	0,10245
0,06685	0,5208	0,1577	0,10365
0,06685	0,5208	0,1577	0,10365
0,1232	0,536	0,2882	0,2804
0,1232	0,536	0,2882	0,2804
0,1742	0,605	0,315	0,40395

Příloha 9 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po šocích

Číslo desky	Medián [Ω]	Směrodatná odchylka [Ω]	Aritmetický průměr [Ω]
1	0,0483	0,0304	0,0606
2	0,1671	0,2495	0,2495
7	0,0777	0,1100	0,1100
8	0,0527	0,0902	0,0902

Příloha 10 Naměřené hodnoty po teple + vlhku, šocích a teple + vlhku

Deska č. 1						
0,2808	0,4097	0,5099	0,2295	1,674	0,3759	0,1964
0,2103	0,1634	7,852	0,5634	0,3998	0,3077	0,2833

Deska č. 2						
16,11	2,752	1,432	1,193	0,9648	1,604	1,0811
0,6713	0,4195	6,393	7,638	20,78	5,709	0,8016

Deska č. 3						
5,412	0,2133	0,1434	0,1369	0,2864	0,2479	0,6334
0,4233	0,4953	0,2236	0,1486	0,3498	0,9649	0,3518

Deska č. 4						
0,5428	2,094	3,862	0,9289	3,995	0,7053	0,958
0,5189	0,2733	1,1332	2,427	0,9753	0,4192	0,3032

Deska č. 7						
0,1988	2,235	6,097	1,247	0,2474	1,599	0,4804
0,6021	0,3514	0,5629	0,4144	1,191	0,3437	0,2255

Deska č. 8						
0,5093	0,2664	0,7358	7,486	0,8697	3,503	0,5514
0,3844	0,2002	0,2631	0,1966	0,1866	0,3147	0,3118

Deska č. 9						
0,3591	0,1752	1,158	0,4107	1,441	1,601	0,7704
0,2988	0,4738	0,4222	0,4661	0,2639	0,3955	0,2219

Deska č. 10						
2,667	0,9105	1,286	3,192	9,998	0,7529	1,509
5,312	0,8056	1,0549	0,8542	0,5182	0,7718	0,9708

Příloha 11 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po teple + vlhku, šocích a teple + vlhku

Číslo desky							
1	2	3	4	7	8	9	10
0,0747	0,20275	0,06145	0,12965	0,0924	0,0863	0,0806	0,2521
0,0912	0,32865	0,0647	0,1446	0,10575	0,0913	0,10395	0,36945
0,0912	0,32865	0,0647	0,1446	0,10575	0,0913	0,10395	0,36945
0,09815	0,3938	0,0673	0,2026	0,1167	0,0931	0,12495	0,3789
0,09815	0,3938	0,0673	0,2026	0,1167	0,0931	0,12495	0,3789
0,10775	0,4754	0,09965	0,25245	0,16485	0,12455	0,1424	0,3958
0,10775	0,4754	0,09965	0,25245	0,16485	0,12455	0,1424	0,3958
0,1334	0,53355	0,1048	0,2644	0,1687	0,1262	0,17255	0,4201
0,1334	0,53355	0,1048	0,2644	0,1687	0,1262	0,17255	0,4201
0,13465	0,5895	0,11695	0,34565	0,2002	0,1489	0,19075	0,44825
0,13465	0,5895	0,11695	0,34565	0,2002	0,1489	0,19075	0,44825
0,14685	0,709	0,1362	0,45745	0,2332	0,15035	0,19835	0,4784
0,14685	0,709	0,1362	0,45745	0,2332	0,15035	0,19835	0,4784
0,18095	0,795	0,1679	0,472	0,27445	0,1852	0,2041	0,52045
0,18095	0,795	0,1679	0,472	0,27445	0,1852	0,2041	0,52045
0,1929	1,369	0,1689	0,48065	0,29405	0,24765	0,22605	0,636
0,1929	1,369	0,1689	0,48065	0,29405	0,24765	0,22605	0,636
0,19785	2,8475	0,20465	0,5596	0,5885	0,2687	0,2299	0,7475
0,19785	2,8475	0,20465	0,5596	0,5885	0,2687	0,2299	0,7475
0,24795	3,1895	0,24065	1,04	0,6165	0,3609	0,3782	1,3265
0,24795	3,1895	0,24065	1,04	0,6165	0,3609	0,3782	1,3265
0,2747	3,812	0,3097	1,2065	0,7925	0,42785	0,572	1,589
0,2747	3,812	0,3097	1,2065	0,7925	0,42785	0,572	1,589
0,83	8,048	0,47545	1,924	1,1105	1,7445	0,7135	2,649
0,83	8,048	0,47545	1,924	1,1105	1,7445	0,7135	2,649
3,919	10,383	2,699	1,9905	3,0415	3,736	0,7935	4,992

Příloha 12 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po teple + vlhku, šocích teple + vlhku

Číslo desky	Medián [Ω]	Směrodatná odchylka [Ω]	Aritmetický průměr [Ω]
1	0,1639	0,7366	0,3564
2	0,752	2,6842	2,1834
3	0,1521	0,4979	0,2721
4	0,4648	0,5602	0,6470
7	0,2538	0,5926	0,4795
8	0,1678	0,7815	0,4523
9	0,2012	0,2049	0,2841
10	0,4994	1,0338	0,9678

PŘÍLOHY PRO PERMACOL 2369/2 (13-24), HODNOTY ODPORU V Ω

Příloha 13 Naměřené hodnoty před zkouškami

Deska č. 1						
1,439	1,685	3,76	1,542	0,5741	0,314	0,777
1,551	6,325	1,261	1,362	0,655	1,846	0,9891

Deska č. 2						
0,6057	0,7986	0,384	2,119	0,758	0,661	0,5835
2,23	0,6389	1,365	6,518	0,7506	5,236	0,3077

Deska č. 4						
1,277	1,172	1,0948	1,789	2,37	5,645	1,445
3,242	1,833	2,22	0,5369	3,685	0,4438	1,632

Deska č. 9						
2,272	2,45	2,87	2,98	1,38	0,9819	1,195
0,737	0,9024	2,714	1,906	3,187	1,283	1,47

Příloha 14 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání před zkouškami

Číslo desky			
1	2	4	9
0,15	0,14685	0,2149	0,3615
0,28005	0,185	0,26145	0,4442
0,28005	0,185	0,26145	0,4442
0,3205	0,28475	0,5404	0,48395
0,3205	0,28475	0,5404	0,48395
0,3815	0,29585	0,579	0,5905
0,3815	0,29585	0,579	0,5905
0,48755	0,31245	0,6315	0,6345
0,48755	0,31245	0,6315	0,6345
0,6235	0,3235	0,7155	0,683
0,6235	0,3235	0,7155	0,683
0,674	0,3683	0,809	0,728
0,674	0,3683	0,809	0,728
0,7125	0,372	0,8875	0,946
0,7125	0,372	0,8875	0,946
0,764	0,3923	0,9095	1,129
0,764	0,3923	0,9095	1,129
0,7685	0,6755	1,103	1,218
0,7685	0,6755	1,103	1,218
0,8355	1,0525	1,178	1,35
0,8355	1,0525	1,178	1,35
0,916	1,108	1,614	1,428
0,916	1,108	1,614	1,428
1,873	2,611	1,8355	1,483
1,873	2,611	1,8355	1,483
3,1555	3,252	2,8155	1,5865

Příloha 15 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky před zkouškami

Číslo desky	Medián [Ω]	Směrodatná odchylka [Ω]	Aritmetický průměr [Ω]
1	0,6933	0,6190	0,7915
2	0,3702	0,8101	0,7447
4	0,8483	0,5730	0,9677
9	0,837	0,3892	0,9302

Příloha 16 Naměřené hodnoty po ohybu

Deska č. 1						
2,424	3,842	5,112	3,449	1,234	0,3649	1,0428
2,862	21,35	4,285	4,243	1,252	3,461	1,592

Deska č. 4						
1,652	1,386	1,254	2,092	3,924	11,92	2,303
9,74	3,786	3,684	0,9133	5,32	1,805	3,012

Příloha 17 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po ohybu

Číslo desky	
1	4
0,17545	0,44965
0,5144	0,62
0,5144	0,62
0,61	0,686
0,61	0,686
0,619	0,819
0,619	0,819
0,789	0,8955
0,789	0,8955
1,205	1,039
1,205	1,039
1,424	1,1445
1,424	1,1445
1,7175	1,499
1,7175	1,499
1,7235	1,835
1,7235	1,835
1,914	1,886
1,914	1,886
2,1145	1,955
2,1145	1,955
2,1355	2,653
2,1355	2,653
2,549	4,863
2,549	4,863
10,668	5,953

Příloha 18 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po ohybu

Číslo desky	Medián [Ω]	Směrodatná odchylka [Ω]	Aritmetický průměr [Ω]
1	1,5708	1,9092	1,7491
4	1,3218	1,3918	1,7766

Příloha 19 Naměřené hodnoty po šocích

Deska č. 1						
0,5024	0,7889	5,927	3,789	0,849	0,313	0,4782
0,4412	36,3	1,247	3,067	0,6941	1,197	4,648

Deska č. 2						
0,5291	0,5406	0,4584	1,31	0,521	0,3393	0,3855
0,3903	0,3387	0,5291	1,226	0,4607	0,5406	0,453

Příloha 20 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po šocích

Číslo desky	
1	2
0,1495	0,16235
0,2136	0,16265
0,2136	0,16265
0,2321	0,18575
0,2321	0,18575
0,2442	0,18815
0,2442	0,18815
0,34005	0,2195
0,34005	0,2195
0,38745	0,2222
0,38745	0,2222
0,4175	0,22335
0,4175	0,22335
0,5915	0,2535
0,5915	0,2535
0,6165	0,25755
0,6165	0,25755
1,5265	0,25755
1,5265	0,25755
1,8875	0,2633
1,8875	0,2633
2,317	0,2633
2,317	0,2633
2,9565	0,606
2,9565	0,606
18,143	0,648

Příloha 21 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po šocích

Číslo desky	Medián [Ω]	Směrodatná odchylka [Ω]	Aritmetický průměr [Ω]
1	0,5045	3,4239	1,6059
2	0,2384	0,1310	0,2698

Příloha 22 Naměřené hodnoty po teple + vlhku, šocích a teple + vlhku

Deska č. 1						
0,6482	0,9662	6,419	8,055	1,838	0,2467	0,5992
0,4657	20,03	1,647	4,279	0,8193	1,394	7,297

Deska č. 2						
0,4616	0,5108	0,3631	1,559	0,4464	0,2752	0,3641
0,5658	0,3059	0,6198	0,7124	0,3254	1,249	0,2093

Deska č. 4						
0,2022	0,1772	0,1869	0,2662	0,2899	1,806	1,0812
1,261	1,632	0,7216	0,1956	0,9241	0,6383	8,03

Deska č. 9						
0,5717	1,931	1,089	0,9905	0,3162	0,1646	1,389
0,141	0,8041	0,5329	0,2062	0,5335	0,6112	0,8057

Příloha 23 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po teple + vlhku, šocích a teple + vlhku

Číslo desky			
1	2	4	9
0,11635	0,09765	0,0816	0,0635
0,22585	0,1306	0,08645	0,0753
0,22585	0,1306	0,08645	0,0753
0,2926	0,14595	0,0908	0,0961
0,2926	0,14595	0,0908	0,0961
0,3171	0,1557	0,0941	0,1511
0,3171	0,1557	0,0941	0,1511
0,40265	0,17455	0,1261	0,25945
0,40265	0,17455	0,1261	0,25945
0,4761	0,17505	0,13795	0,25975
0,4761	0,17505	0,13795	0,25975
0,69	0,2162	0,31215	0,27885
0,69	0,2162	0,31215	0,27885
0,8165	0,2238	0,3538	0,2986
0,8165	0,2238	0,3538	0,2986
0,912	0,2484	0,45505	0,39505
0,912	0,2484	0,45505	0,39505
2,1325	0,2759	0,5336	0,39585
2,1325	0,2759	0,5336	0,39585
3,2025	0,3029	0,6235	0,48825
3,2025	0,3029	0,6235	0,48825
3,6415	0,3492	0,809	0,5375
3,6415	0,3492	0,809	0,5375
4,0205	0,6175	0,896	0,6875
4,0205	0,6175	0,896	0,6875
10,008	0,7725	4,008	0,9585

Příloha 24 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po teple + vlhku, šocích teple + vlhku

Číslo desky	Medián [Ω]	Směrodatná odchylka [Ω]	Aritmetický průměr [Ω]
1	0,7533	2,1309	1,7071
2	0,2200	0,1618	0,2654
4	0,3330	0,7515	0,5049
9	0,2888	0,2150	0,3411

PŘÍLOHY PRO CW 2200 S OSAZENÍM (25-36), HODNOTY ODPORU UVEDENY V Ω

Příloha 25 Naměřené hodnoty před zkouškami

Deska č. 1						
0,5367	0,6636	0,2443	0,4099	0,7518	0,1131	0,2063
0,4092	0,6023	0,9719	6,72	0,3007	0,5449	0,3418

Deska č. 3						
1,047	0,4218	0,3828	1,341	1,069	2,908	0,2257
1,348	0,9271	1,239	0,5106	0,2689	1,0488	0,8186

Deska č. 4						
2,726	0,2367	3,314	0,3076	0,1869	0,1556	0,1569
0,1402	0,1664	0,4309	0,2369	0,09642	0,2581	17,44

Deska č. 5						
0,1264	0,1692	0,1408	0,2274	0,1699	0,1631	0,3263
0,2583	0,2183	0,1094	0,159	0,3938	0,2427	0,4775

Deska č. 7						
0,8215	0,2661	0,3249	6,28	0,1475	0,4802	0,1802
0,324	0,1913	0,2997	1,404	0,217	0,2824	0,1883

Deska č. 8						
0,3224	0,2854	0,4677	0,9758	0,1789	0,3291	0,2043
1,133	0,4982	0,2945	0,2841	0,168	0,3909	0,1998

Příloha 26 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání před zkouškami

Číslo desky					
1	3	4	5	7	8
0,04955	0,10105	0,04121	0,0477	0,06675	0,077
0,09615	0,11125	0,0631	0,0562	0,0831	0,08245
0,09615	0,11125	0,0631	0,0562	0,0831	0,08245
0,11515	0,12995	0,0708	0,0634	0,08715	0,0929
0,11515	0,12995	0,0708	0,0634	0,08715	0,0929
0,14335	0,1323	0,07145	0,0725	0,08865	0,09515
0,14335	0,1323	0,07145	0,0725	0,08865	0,09515
0,1639	0,1529	0,0762	0,07455	0,1015	0,13505
0,1639	0,1529	0,0762	0,07455	0,1015	0,13505
0,1976	0,16195	0,08645	0,0776	0,12605	0,1357
0,1976	0,16195	0,08645	0,0776	0,12605	0,1357
0,19795	0,1756	0,11135	0,07795	0,1342	0,14025
0,19795	0,1756	0,11135	0,07795	0,1342	0,14025
0,26135	0,2376	0,11145	0,10215	0,14285	0,1542
0,26135	0,2376	0,11145	0,10215	0,14285	0,1542
0,26545	0,2958	0,12205	0,1067	0,155	0,15755
0,26545	0,2958	0,12205	0,1067	0,155	0,15755
0,29415	0,50485	0,1468	0,11435	0,15545	0,18845
0,29415	0,50485	0,1468	0,11435	0,15545	0,18845
0,3248	0,574	0,20845	0,12215	0,2331	0,22685
0,3248	0,574	0,20845	0,12215	0,2331	0,22685
0,3689	0,6445	1,356	0,15615	0,40375	0,2421
0,3689	0,6445	1,356	0,15615	0,40375	0,2421
0,47895	1,446	1,65	0,1899	0,695	0,4809
0,47895	1,446	1,65	0,1899	0,695	0,4809
3,353	19,868	8,713	0,23175	3,133	0,5595

Příloha 27 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky před zkouškami

Číslo desky	Medián [Ω]	Směrodatná odchylka [Ω]	Aritmetický průměr [Ω]
1	0,2297	0,6097	0,3545
3	0,2066	3,7667	1,1193
4	0,1114	1,6907	0,6501
5	0,0901	0,0460	0,1041
7	0,1385	0,5891	0,3081
8	0,1472	0,1253	0,1884

Příloha 28 Naměřené hodnoty po ohybu

Deska č. 4						
3,107	0,3894	12,84	0,6242	1,088	0,2359	0,1754
0,1506	0,2822	0,5199	0,3843	0,1859	0,3912	33,6

Deska č. 5						
0,1774	0,2927	0,1939	0,366	0,2105	0,2126	0,3556
0,2645	0,3043	0,4074	0,4059	0,983	0,3654	0,6355

Deska č. 7						
1,065	0,2887	0,4094	15,62	0,1587	0,6136	0,1923
0,3625	0,2029	0,3542	1,468	0,2569	0,2965	0,1966

Deska č. 8						
0,3631	0,3093	0,6024	2,001	0,2338	0,3611	0,2113
1,601	0,5708	0,4158	0,3769	0,2134	0,4649	0,3794

Příloha 29 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po ohybu

Číslo desky			
4	5	7	8
0,0683	0,0817	0,07235	0,09865
0,0807	0,08995	0,08915	0,0997
0,0807	0,08995	0,08915	0,0997
0,08595	0,09825	0,0913	0,1099
0,08595	0,09825	0,0913	0,1099
0,11095	0,0993	0,09445	0,14765
0,11095	0,0993	0,09445	0,14765
0,1341	0,12525	0,12145	0,17355
0,1341	0,12525	0,12145	0,17355
0,18515	0,13935	0,13735	0,17455
0,18515	0,13935	0,13735	0,17455
0,1877	0,14515	0,14125	0,18145
0,1877	0,14515	0,14125	0,18145
0,1886	0,1708	0,1701	0,1827
0,1886	0,1708	0,1701	0,1827
0,25295	0,1757	0,17425	0,2009
0,25295	0,1757	0,17425	0,2009
0,3051	0,176	0,1977	0,22545
0,3051	0,176	0,1977	0,22545
0,537	0,19595	0,2998	0,2784
0,537	0,19595	0,2998	0,2784
1,5465	0,1967	0,5255	0,2942
1,5465	0,1967	0,5255	0,2942
6,413	0,31075	0,727	0,7935
6,413	0,31075	0,727	0,7935
16,793	0,4845	7,803	0,9935

Příloha 30 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po ohybu

Číslo desky	Medián [Ω]	Směrodatná odchylka [Ω]	Aritmetický průměr [Ω]
4	0,1882	3,4963	1,4199
5	0,1580	0,0854	0,1697
7	0,1557	1,4691	0,5159
8	0,1821	0,2254	0,2622

Příloha 31 Naměřené hodnoty po šocích

Deska č. 1						
0,6307	1,842	0,3874	0,5123	0,932	0,1917	0,2739
0,5337	0,5783	0,898		0,4316	0,6447	0,4873

Deska č. 5						
0,2184	0,3994	0,2614	3,422	0,3486	0,3941	0,7029
0,4713	0,364	0,744				

Deska č. 7						
	0,3624	0,4382	9,67	0,1511	1,339	0,2206
0,434	0,253	0,5546	2,576	0,282	0,339	0,1947

Příloha 32 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po šocích

Číslo desky		
1	5	7
0,08885	0,1022	0,06855
0,12995	0,1237	0,09035
0,12995	0,1237	0,09035
0,1867	0,1673	0,1033
0,1867	0,1673	0,1033
0,2088	0,175	0,1195
0,2088	0,175	0,1195
0,23665	0,19005	0,134
0,23665	0,19005	0,134
0,24915	0,1927	0,1625
0,24915	0,1927	0,1625
0,25985	0,22865	0,1742
0,25985	0,22865	0,1742
0,28215	0,34445	0,21
0,28215	0,34445	0,21
0,30835	0,365	0,2121
0,30835	0,365	0,2121
0,31535	1,704	0,2703
0,31535		0,2703
0,442		0,6625
0,442		0,6625
0,459		1,281
0,459		1,281
0,914		4,828

Příloha 33 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po šocích

Číslo desky	Medián [Ω]	Směrodatná odchylka [Ω]	Aritmetický průměr [Ω]
1	0,2599	0,1620	0,2983
5	0,1914	0,3503	0,2989
7	0,1742	0,9634	0,4890

Příloha 34 Naměřené hodnoty po teple + vlhku, šocích a teple + vlhku

Deska č. 1						
0,8322	4,886	0,1838	0,1971	0,547	0,1358	0,2012
0,2584	0,3961	0,713		0,237	0,3902	0,2745

Deska č. 3						
		0,1569	0,9091	2,089	4,688	0,187
3,321	0,1939	0,6731	0,1813	0,1307	0,9367	0,201

Deska č. 4						
8,692	0,3587	6,343	0,5766	0,4557	0,2378	0,2479
0,1281	0,2501	0,2844	0,3893	0,1843	0,2634	32,24

Deska č. 5						
0,2026	0,3192	0,2489	1,335	0,2478	0,3714	0,668
0,3722	0,315	0,5273				

Deska č. 7						
	0,2408	0,253	1,42	0,1256	3,422	0,1701
0,253	0,1937	0,2279	0,6174	0,1936	0,2117	0,1388

Deska č. 8						
0,304	0,2157	0,3156	0,8687	0,1311	0,282	0,1164
3,073	0,2343	0,2461	0,2789	0,1508	0,218	0,1843

Příloha 35 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po teple + vlhku, šocích a teple + vlhku

Číslo desky					
1	3	4	5	7	8
0,0609	0,05835	0,05705	0,0943	0,0558	0,0512
0,0849	0,07145	0,08515	0,1169	0,0624	0,05855
0,0849	0,07145	0,08515	0,1169	0,0624	0,05855
0,09155	0,08365	0,1119	0,11745	0,07805	0,0684
0,09155	0,08365	0,1119	0,11745	0,07805	0,0684
0,0936	0,0865	0,11695	0,1505	0,0898	0,08515
0,0936	0,0865	0,11695	0,1505	0,0898	0,08515
0,1115	0,08995	0,11805	0,1526	0,08985	0,10085
0,1115	0,08995	0,11805	0,1526	0,08985	0,10085
0,1222	0,0935	0,1247	0,1787	0,09885	0,102
0,1222	0,0935	0,1247	0,1787	0,09885	0,102
0,13025	0,32955	0,1352	0,1791	0,10695	0,11015
0,13025	0,32955	0,1352	0,1791	0,10695	0,11015
0,1881	0,44755	0,17235	0,25665	0,1134	0,11605
0,1881	0,44755	0,17235	0,25665	0,1134	0,11605
0,19105	0,46135	0,18765	0,327	0,1195	0,13245
0,19105	0,46135	0,18765	0,327	0,1195	0,13245
0,2665	1,0375	0,22085	0,6605	0,1195	0,134
0,2665	1,0375	0,22085		0,1195	0,134
0,3495	1,6535	0,2813		0,3017	0,145
0,3495	1,6535	0,2813		0,3017	0,145
0,4091	2,337	3,1645		0,703	0,1508
0,4091		3,1645		0,703	0,1508
2,436		4,339		1,704	0,42735
		4,339			0,42735
		16,113			1,5295

Příloha 36 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po teple + vlhku, šocích teple + vlhku

Číslo desky	Medián [Ω]	Směrodatná odchylka [Ω]	Aritmetický průměr [Ω]
1	0,1303	0,4628	0,2739
3	0,2115	0,6251	0,5047
4	0,1538	3,2383	1,3187
5	0,1656	0,1291	0,2063
7	0,1070	0,0781	0,2302
8	0,1131	0,2833	0,1862

PŘÍLOHY PRO CW 2200 S BEZ OSAZENÍ (37-48), HODNOTY ODPORU UVEDENY V $m\Omega$

Příloha 37 Naměřené hodnoty před zkouškami

Deska č. 1						
56,11	124,8	53,52	29,43	24,45	36,48	34,66
27,87	26,96	40,89	43,01	51,12	37,27	43,65

Deska č. 2						
28,01	18	31,57	58,81	39,65	55,44	29,41
39,42	74,13	27,82	34,02	30,8	29,42	35,3

Deska č. 3						
36,67	24,3	28,2	29,86	39,16	102,17	73,31
70,19	32,66	45,39	48,92	108,1	73,3	90,11

Deska č. 4						
21,47	26,01	36,91	31,43	25,55	37,96	29,36
28,59	38,69	31,82	53,22	46,87	43,65	36,64

Deska č. 5						
33,82	36,78	47,51	29,85	29,18	84,65	31,76
27,95	63,26	53,32	73,91	22,87	24,23	58,44

Deska č. 6						
57,34	34,48	19,38	40,09	43,16	43,28	41,1
28,11	28,7	48,26	37,81	49,2	34,1	20,32

Deska č. 7						
43,05	59,4	44,32	27,38	34,7	46,89	42,64
23,12	34,69	58,39	36,44	28,61	30,16	33,25

Deska č. 8						
29,05	25,21	22,9	23,64	28,16	27,32	23,09
27,67	32,59	30,8	21,13	38,55	27,84	34,93

Příloha 38 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání před zkouškami

Číslo desky							
1	2	3	4	5	6	7	8
26,96	27,82	28,2	25,55	24,23	20,32	27,38	22,9
27,87	28,01	29,86	26,01	27,95	28,11	28,61	23,09
29,43	29,41	32,66	28,59	29,18	28,7	30,16	23,64
34,66	29,42	36,67	29,36	29,85	34,1	33,25	25,21
36,48	30,8	39,16	31,43	31,76	34,48	34,69	27,32
37,27	31,57	45,39	31,82	33,82	37,81	34,7	27,67
40,89	34,02	48,92	36,64	36,78	40,09	36,44	27,84
43,01	35,3	70,19	36,91	47,51	41,1	42,64	28,16
43,65	39,42	73,3	37,96	53,32	43,16	43,05	29,05
51,12	39,65	73,31	38,69	58,44	43,28	44,32	30,8
53,52	55,44	90,11	43,65	63,26	48,26	46,89	32,59
56,11	58,81	102,17	46,87	73,91	49,2	58,39	34,93

Příloha 39 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky před zkouškami

Číslo desky	Medián [mΩ]	Směrodatná odchylka [mΩ]	Aritmetický průměr [mΩ]
1	39,08	9,43	40,08
2	32,80	9,95	36,64
3	47,16	24,01	55,83
4	34,23	6,50	34,46
5	35,30	15,60	42,51
6	38,95	8,26	37,38
7	35,57	8,61	38,38
8	27,76	3,60	27,77

Příloha 40 Naměřené hodnoty po ohybu

Deska č. 1						
56,92	125,2	53,82	30,58	25,08	36,58	36,37
28,03	27,34	43,32	44,78	51,85	38,94	43,96

Deska č. 4						
21,77	27,02	36,84	29,08	26,91	38,43	29,14
34,54	39,03	32,56	55,17	48,81	44,28	36,51

Deska č. 6						
57,86	36,78	19,05	40,52	44,47	45,51	42,39
29,56	30,41	50,07	38,64	50,98	34,52	22,87

Deska č. 7						
43,01	60,56	44,67	28,06	37,56	49,62	41,34
22,84	34,93	57,85	36,47	28,87	35,13	33,08

Příloha 41 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po ohybu

Číslo desky			
1	4	6	7
27,34	26,91	22,87	28,06
28,03	27,02	29,56	28,87
30,58	29,08	30,41	33,08
36,37	29,14	34,52	34,93
36,58	32,56	36,78	35,13
38,94	34,54	38,64	36,47
43,32	36,51	40,52	37,56
43,96	36,84	42,39	41,34
44,78	38,43	44,47	43,01
51,85	39,03	45,51	44,67
53,82	44,28	50,07	49,62
56,92	48,81	50,98	57,85

Příloha 42 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po ohybu

Číslo desky	Medián [mΩ]	Směrodatná odchylka [mΩ]	Aritmetický průměr [mΩ]
1	41,13	9,45	41,04
4	35,53	6,55	35,26
6	39,58	8,17	38,89
7	37,02	8,26	39,22

Příloha 43 Naměřené hodnoty po šocích

Deska č. 1						
68,4	172,8					
34,07	30,3	48,4	46,1	47,7	41,8	45,4

Deska č. 2						
14,6	35,83	34,1	58,27	37,6	55,6	31,38
46,74	74,6	30,5	32,49	31,97	35,5	39,87

Deska č. 3						
32,2	27,2	30,42	32,7	39,8	91,9	66,4
73,38	33,1	44,3	48,6	112,7	74,23	87,8

Deska č. 4						
22,6	26,7	38,5	32,8	30,2	39,9	30,7
36,3	41,05	31,5	55,4	49,4	42,8	37,3

Příloha 44 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po šocích

Číslo desky			
1	2	3	4
30,3	30,5	30,42	26,7
34,07	31,38	32,2	30,2
41,8	31,97	32,7	30,7
45,4	32,49	33,1	31,5
46,1	34,1	39,8	32,8
47,7	35,5	44,3	36,3
48,4	35,83	48,6	37,3
68,4	37,6	66,4	38,5
	39,87	73,38	39,9
	46,74	74,23	41,05
	55,6	87,8	42,8
	58,27	91,9	49,4

Příloha 45 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po šocích

Číslo desky	Medián [mΩ]	Směrodatná odchylka [mΩ]	Aritmetický průměr [mΩ]
1	45,75	10,68	45,27
2	35,67	9,03	39,15
3	46,45	21,91	54,57
4	36,80	6,13	36,43

Příloha 46 Naměřené hodnoty po teple + vlhku, šocích a teple + vlhku

Deska č. 1							
34,7	77,6						
21,6	24,4	38,3	34,6	44,1	33,3	38,1	

Deska č. 2							
25,3	31,11	26,9	48,16	32,06	47,89	28,7	
39,2	54,3	25,4	28,9	27,4	26,3	29,1	

Deska č. 3							
33,2	23,7	27,2	28,2	34,2	82,3	57,6	
61,8	27,1	39,7	42,9	97,2	62,6	58,3	

Deska č. 4							
19,9	25,1	33,2	29,6	27,2	36,8	27,4	
34,8	36,7	30,6	50,1	44,7	39,4	29,2	

Deska č. 5							
29,8	34,13	40,4	27,7	26,8	68,2	28,3	
16,5	58,3	41,6	67,8	20,9	21,9	39,4	

Deska č. 6							
53,5	36,3	17,7	37,8	43,2	42,6	36,4	
28,2	28,7	49,8	31,4	51,3	24,7	23,3	

Deska č. 7							
29,1	46,7	38,5	23,6	33,8	43,6	38,2	
21,8	16,8	50,4	32,7	26,3	30,2	29,4	

Deska č. 8						
31,03	24,4	20,4	23,5	26,2	26,5	23,4
25,4	31,6	29,5	20,9	36,5	27,1	31,9

Příloha 47 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po teple + vlhku, šocích a teple + vlhku

Číslo desky							
1	2	3	4	5	6	7	8
24,4	39,2	27,1	25,1	20,9	23,3	21,8	20,9
33,3	31,11	27,2	27,2	21,9	24,7	23,6	23,4
34,6	54,3	28,2	27,4	26,8	28,2	26,3	23,5
34,7	26,9	33,2	29,2	27,7	28,7	29,1	24,4
38,1	25,4	34,2	29,6	28,3	31,4	29,4	25,4
38,3	48,16	39,7	30,6	29,8	36,3	30,2	26,2
44,1	28,9	42,9	33,2	34,13	36,4	32,7	26,5
	32,06	57,6	34,8	39,4	37,8	33,8	27,1
	27,4	58,3	36,7	40,4	42,6	38,2	29,5
	47,89	61,8	36,8	41,6	43,2	38,5	31,03
	26,3	62,6	39,4	58,3	49,8	43,6	31,6
	28,7	82,3	44,7	67,8	51,3	46,7	31,9

Příloha 48 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po teple + vlhku, šocích teple + vlhku

Číslo desky	Medián [mΩ]	Směrodatná odchylka [mΩ]	Aritmetický průměr [mΩ]
1	34,7	5,6	35,4
2	30,0	9,7	34,7
3	41,3	17,1	46,3
4	31,9	5,5	32,9
5	32,0	13,7	36,4
6	36,4	8,9	36,1
7	31,5	7,4	32,8
8	26,4	3,4	26,8

PŘÍLOHY PRO SILBERLEITLACK (49-60), HODNOTY ODPORU UVEDENY V Ω

Příloha 49 Naměřené hodnoty před zkouškami

Deska č. 1						
0,0353	0,0458	0,05	0,0709	0,0906	0,0562	0,3622
0,0766	0,4309	0,2187	0,4574	0,8806	0,0859	0,0814

Deska č. 2						
0,348	0,3008	0,3346	0,1829	0,1726	0,2718	0,334
0,232	0,205	0,3124	0,0793	0,1293	0,2987	0,2497

Deska č. 3						
0,0339	0,0948	0,0884	0,3062	1,312	1,0862	
0,0971	0,2134	0,207	1,834	6,008		0,0715

Deska č. 4						
0,0384	0,2172	0,1096	0,257	0,5047	0,2386	0,5639
0,1887	0,8433	0,1446	0,5695	0,5198	1,182	0,7546

Deska č. 5						
0,1556	0,9958	0,0331	0,2826	3,253	0,5576	0,284
0,5361	0,7186	0,1252	0,8974	0,7396	0,2798	0,9624

Deska č. 6						
0,3746	0,1639	0,5221	0,702	0,5917	0,7478	0,634
0,0711	0,2806	0,1134	2,299	0,375	0,3852	0,1149

Deska č. 7						
0,0376	0,0874	0,3968	1,342	1,265	2,108	4,602
0,2127	0,663	0,1957	0,6664	0,856	1,183	0,0478

Deska č. 8						
0,1869	0,2423	0,1649	0,4045	0,1166	0,2439	0,0561
0,0824	0,1203	0,2205	0,2047	0,2274	0,9124	0,2088

Deska č. 9						
0,2519	0,1758	0,6267	0,1037	0,4298	0,2461	0,8835
0,2281	1,662	0,165	1,274	0,2671	0,4754	1,125

Deska č. 10						
0,0422	0,0147	1,28	0,2194	0,5698	0,0523	0,308
0,2043	0,4685	0,0856	0,5132	0,1051	0,1107	0,5031

Deska č. 11						
0,0361	0,0706	0,1918	0,1165	0,1319	0,1372	0,1017
0,1635	0,3644	0,192	0,0329	0,214	0,1119	0,0849

Deska č. 12						
0,1174	0,1276	0,1594	0,2707	0,1055	0,0884	0,1361
0,2927	0,1612	0,095	0,1221	0,114	0,2374	0,167

Deska č. 13						
0,1745	0,2376	0,2631	0,2534	0,1773	0,262	0,1382
0,6026	0,145	0,1161	0,2584	0,0596	0,0933	0,1117

Deska č. 14						
0,0493	0,0809	0,0884	0,1483	0,1842	0,1366	0,2026
0,0928	0,211	0,2995	0,0717	0,2205	0,1222	0,1624

Deska č. 15						
0,1272	0,1641	0,216	0,1569	0,1308	0,0305	0,0499
0,257	0,1493	0,0307	0,1368	0,4414	0,1218	0,0693

Deska č. 16						
0,1488	0,1268	0,0429	0,1027	0,035	0,0504	0,0392
0,1756	0,1849	0,1191	0,2081	0,1937	0,3143	0,1673

Příloha 50 Tabulky hodnot po matematickém vyrovnání před zkouškami

Číslo desky							
1	2	3	4	5	6	7	8
0,0458	0,1293	0,0715	0,1096	0,1252	0,1134	0,0478	0,0824
0,05	0,1726	0,0884	0,1446	0,1556	0,1149	0,0874	0,1166
0,0562	0,1829	0,0948	0,1887	0,2798	0,1639	0,1957	0,1203
0,0709	0,205	0,0971	0,2172	0,2826	0,2806	0,2127	0,1649
0,0766	0,232	0,207	0,2386	0,284	0,3746	0,3968	0,1869
0,0814	0,2497	0,2134	0,257	0,5361	0,375	0,663	0,2047
0,0859	0,2718	0,3062	0,5047	0,5576	0,3852	0,6664	0,2088
0,0906	0,2987	1,0862	0,5198	0,7186	0,5221	0,856	0,2205
0,2187	0,3008	1,312	0,5639	0,7396	0,5917	1,183	0,2274
0,3622	0,3124	1,834	0,5695	0,8974	0,634	1,265	0,2423
0,4309	0,334		0,7546	0,9624	0,702	1,342	0,2439
0,4574	0,3346		0,8433	0,9958	0,7478	2,108	0,4045

Číslo desky							
9	10	11	12	13	14	15	16
0,165	0,0422	0,0361	0,095	0,0933	0,0717	0,0307	0,0392
0,1758	0,0523	0,0706	0,1055	0,1117	0,0809	0,0499	0,0429
0,2281	0,0856	0,0849	0,114	0,1161	0,0884	0,0693	0,0504
0,2461	0,1051	0,1017	0,1174	0,1382	0,0928	0,1218	0,1027
0,2519	0,1107	0,1119	0,1221	0,145	0,1222	0,1272	0,1191
0,2671	0,2043	0,1165	0,1276	0,1745	0,1366	0,1308	0,1268
0,4298	0,2194	0,1319	0,1361	0,1773	0,1483	0,1368	0,1488
0,4754	0,308	0,1372	0,1594	0,2376	0,1624	0,1493	0,1673
0,6267	0,4685	0,1635	0,1612	0,2534	0,1842	0,1569	0,1756
0,8835	0,5031	0,1918	0,167	0,2584	0,2026	0,1641	0,1849
1,125	0,5132	0,192	0,2374	0,262	0,211	0,216	0,1937
1,274	0,5698	0,214	0,2707	0,2631	0,2205	0,257	0,2081

Příloha 51 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky před zkouškami

číslo desky	Medián [Ω]	Aritmetický průměr [Ω]	Směrodatná odchylka [Ω]
1	0,0837	0,1688	0,1507
2	0,2608	0,2520	0,0651
3	0,2102	0,5311	0,6048
4	0,3809	0,4093	0,2374
5	0,5469	0,5446	0,3035
6	0,3801	0,4171	0,2141
7	0,6647	0,7520	0,6004
8	0,2068	0,2019	0,0792
9	0,3485	0,5124	0,3683
10	0,2119	0,2652	0,1908
11	0,1242	0,1293	0,0513
12	0,1319	0,1511	0,0513
13	0,1759	0,1859	0,0628
14	0,1425	0,1435	0,0510
15	0,1338	0,1342	0,0617
16	0,1378	0,1300	0,0578

Příloha 52 Naměřené hodnoty po ohybu

Deska č. 9						
0,2553	0,1799	0,6472	0,1112	0,4373	0,2504	0,9134
0,2338	1,682	0,1706	1,288	0,2735	0,4819	1,138

Deska č. 10						
0,042	0,0168	1,309	0,2247	0,5864	0,0548	0,3229
0,2075	0,4778	0,0903	0,5213	0,1074	0,1124	0,5184

Deska č. 11						
0,0408	0,0703	0,1961	0,1184	0,1339	0,1438	0,1067
0,1670	0,3732	0,2019	0,0345	0,2205	0,1149	0,0874

Deska č. 12						
0,1204	0,1315	0,1634	0,2822	0,1087	0,0947	0,1389
0,2952	0,1666	0,1063	0,1254	0,1319	0,2413	0,1703

Deska č. 13						
0,1804	0,2459	0,2665	0,2691	0,1894	0,2712	0,1443
0,6163	0,1516	0,1184	0,2664	0,0645	0,0941	0,1215

Deska č. 14						
0,0492	0,0821	0,0898	0,1561	0,1911	0,1365	0,2164
0,0927	0,2157	0,3029	0,0758	0,2263	0,1251	0,1658

Deska č. 15						
0,1307	0,1673	0,2224	0,1619	0,1349	0,0345	0,0512
0,2784	0,1573	0,0376	0,1394	0,4689	0,1231	0,0692

Deska č. 16						
0,1528	0,1357	0,0445	0,1085	0,0391	0,0521	0,0411
0,1811	0,1947	0,1206	0,2146	0,1998	0,3192	0,1724

Příloha 53 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po ohybu

Číslo desky							
9	10	11	12	13	14	15	16
0,1706	0,042	0,0408	0,1063	0,0941	0,0758	0,0376	0,0411
0,1799	0,0548	0,0703	0,1087	0,1184	0,0821	0,0512	0,0445
0,2338	0,0903	0,0874	0,1204	0,1215	0,0898	0,0692	0,0521
0,2504	0,1074	0,1067	0,1254	0,1443	0,0927	0,1231	0,1085
0,2553	0,1124	0,1149	0,1315	0,1516	0,1251	0,1307	0,1206
0,2735	0,2075	0,1184	0,1319	0,1804	0,1365	0,1349	0,1357
0,4373	0,2247	0,1339	0,1389	0,1894	0,1561	0,1394	0,1528
0,4819	0,3229	0,1438	0,1634	0,2459	0,1658	0,1573	0,1724
0,6472	0,4778	0,1670	0,1666	0,2664	0,1911	0,1619	0,1811
0,9134	0,5184	0,1961	0,1703	0,2665	0,2157	0,1673	0,1947
1,138	0,5213	0,2019	0,2413	0,2691	0,2164	0,2224	0,1998
1,288	0,5864	0,2205	0,2822	0,2712	0,2263	0,2784	0,2146

Příloha 54 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po ohybu

číslo desky	Medián [Ω]	Aritmetický průměr [Ω]	Směrodatná odchylka [Ω]
9	0,3554	0,5224	0,3735
10	0,2161	0,2722	0,1955
11	0,1262	0,1335	0,0528
12	0,1354	0,1572	0,0516
13	0,1849	0,1932	0,0647
14	0,1463	0,1478	0,0535
15	0,1372	0,1395	0,0653
16	0,1443	0,1348	0,0597

Příloha 55 Naměřené hodnoty po šocích

Deska č. 1						
0,01767	0,03369	0,04695	0,0729	0,08905	0,05639	0,3491
0,0991	0,4843	0,2251	0,5697	1,072	0,0845	0,0796

Deska č. 2						
0,3285	0,2902	0,3248	0,1973	0,2029	0,2629	0,3341
0,2379	0,2152	0,3079	0,0834	0,1408	0,3241	0,2588

Deska č. 3						
0,0357	0,0986	0,0902	0,3453	1,363	1,0582	
0,09411	0,2129	0,2093	1,961	5,786		0,0748

Deska č. 4						
0,0498	0,2176	0,1063	0,2431	0,4702	0,2303	0,5731
0,1864	0,8497	0,1447	0,5261	0,5003	1,178	0,7127

Deska č. 9						
0,2483	0,1807	0,6124	0,1079	0,3803	0,2441	0,8294
0,2319	1,589	0,1703	1,1413	0,2649	0,4601	0,9997

Deska č. 10						
0,0419	0,0168	1,303	0,2185	0,5661	0,0567	0,3194
0,1973	0,4591	0,0886	0,4968	0,1061	0,1107	0,4978

Deska č. 11						
0,0402	0,0683	0,1896	0,1164	0,1312	0,1498	0,1055
0,1612	0,3639	0,1961	0,0349	0,2209	0,1126	0,0872

Deska č. 12						
0,1179	0,1263	0,1560	0,2665	0,1029	0,0962	0,1366
0,2793	0,1587	0,1024	0,1188	0,1281	0,2349	0,1658

Příloha 56 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po šocích

Číslo desky							
1	2	3	4	9	10	11	12
0,03369	0,1408	0,0748	0,1063	0,1703	0,0419	0,0402	0,1024
0,04695	0,1973	0,0902	0,1447	0,1807	0,0567	0,0683	0,1029
0,05639	0,2029	0,09411	0,1864	0,2319	0,0886	0,0872	0,1179
0,0729	0,2152	0,0986	0,2176	0,2441	0,1061	0,1055	0,1188
0,0796	0,2379	0,2093	0,2303	0,2483	0,1107	0,1126	0,1263
0,0845	0,2588	0,2129	0,2431	0,2649	0,1973	0,1164	0,1281
0,08905	0,2629	0,3453	0,4702	0,3803	0,2185	0,1312	0,1366
0,0991	0,2902	1,0582	0,5003	0,4601	0,3194	0,1498	0,1560
0,2251	0,3079	1,363	0,5261	0,6124	0,4591	0,1612	0,1587
0,3491	0,3241	1,961	0,5731	0,8294	0,4968	0,1896	0,1658
0,4843	0,3248		0,7127	0,9997	0,4978	0,1961	0,2349
0,5697	0,3285		0,8497	1,1413	0,5661	0,2209	0,2665

Příloha 57 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po šocích

Číslo desky	Medián [Ω]	Aritmetický průměr [Ω]	Směrodatná odchylka [Ω]
1	0,0868	0,1825	0,1766
2	0,2601	0,2576	0,0578
3	0,2111	0,5507	0,6349
4	0,3567	0,3967	0,2317
9	0,3226	0,4803	0,3240
10	0,2079	0,2633	0,1869
11	0,1238	0,1316	0,0519
12	0,1324	0,1512	0,0490

Příloha 58 Naměřené hodnoty po teple + vlhku

Deska č. 5						
0,5874	2,261	0,2054	1,359	2,732	2,376	0,6312
0,6257	0,6293	0,4946	12,55	3,659	0,4771	1,305

Deska č. 6						
0,4809	0,7976	0,9192	0,9504	0,9129	0,6503	0,7928
0,2664	1,008	0,8578	1,889	0,8090	0,4145	0,2558

Deska č. 7						
0,3831	0,4195	1,075	3,024	5,469	10,638	8,279
0,5283	1,568	1,619	1,648	3,892	6,009	0,9434

Deska č. 8						
0,5687	0,4046	1,073	0,5503	0,1772	0,2039	0,2282
0,2181	0,2169	0,6610	0,2691	0,2569	0,9204	0,8694

Deska č. 13						
6,056		0,943	1,425	10,08	0,9034	1,221
0,6238	0,3610	0,4096	5,56	6,511	0,6157	1,274

Deska č. 14						
0,2812	0,7674	0,6192	0,3042	0,352	0,8527	0,2591
0,6264	1,703	0,5587	0,5099	0,9519	0,4886	0,5551

Deska č. 15						
0,2900	0,5949	0,622	0,3805	0,2642	0,5888	0,3742
0,4003	0,3261	0,2049	0,4354	0,8756	0,2679	0,3885

Deska č. 16						
1,032	0,4049	0,4883	0,6621	0,3766	4,751	0,5972
0,2283	0,2155	0,3695	0,4050	0,3252	0,4415	0,3075

Příloha 59 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnaní po teple + vlhku

Číslo desky							
5	6	7	8	13	14	15	16
0,4771	0,2664	0,4195	0,2039	0,4096	0,2812	0,2049	0,2283
0,4946	0,4145	0,5283	0,2169	0,6157	0,3042	0,2642	0,3075
0,5874	0,4809	0,9434	0,2181	0,6238	0,352	0,2679	0,3252
0,6257	0,6503	1,075	0,2282	0,9034	0,4886	0,3261	0,3695
0,6293	0,7928	1,568	0,2569	0,943	0,5099	0,3742	0,3766
0,6312	0,7976	1,619	0,2691	1,221	0,5551	0,3805	0,4049
1,305	0,8090	1,648	0,4046	1,274	0,5587	0,3885	0,4050
1,359	0,8578	3,024	0,5503	1,425	0,6192	0,4003	0,4415
2,261	0,9129	3,892	0,5687	5,56	0,6264	0,4354	0,4883
2,376	0,9192	5,469	0,6610	6,056	0,7674	0,5888	0,5972
2,732	0,9504	6,009	0,8694	6,511	0,8527	0,5949	0,6621
3,659	1,008	8,279	0,9204		0,9519	0,622	1,032

Příloha 60 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po teple + vlhku

Číslo desky	Medián [Ω]	Aritmetický průměr [Ω]	Směrodatná odchylka [Ω]
5	0,9681	1,4281	1,0283
6	0,8033	0,7383	0,2251
7	1,6335	2,8729	2,4171
8	0,3369	0,4473	0,2509
13	1,2210	2,3220	2,3053
14	0,5569	0,5723	0,2005
15	0,3845	0,4040	0,1306
16	0,4050	0,4698	0,2048

PŘÍLOHY PRO WIRE GLUE (61-72), HODNOTY ODPORU UVEDENY V $k\Omega$

Příloha 61 Naměřené hodnoty před zkouškami

Deska č. 1						
0,2746	0,2844	0,3069	0,2841	0,2884	0,2000	0,2498
0,4199	0,2512	0,3566	0,2196	0,3065	0,2711	0,2291

Deska č. 2						
0,3172	0,2893	0,2532	0,1866	0,2445	0,2563	0,2195
0,1701	0,3501	0,2863	0,3085	0,2443	0,3254	0,1742

Deska č. 3						
0,3643	0,3475	0,2857	0,2684	0,2994	0,3963	0,3543
0,5521	0,2154	0,3509	0,3527	0,2883	0,2991	0,4419

Deska č. 4						
0,4112	0,3879	0,4010	0,3133	0,2228	0,2647	0,2645
0,4168	0,2771	0,2852	0,2410	0,2431	0,2972	0,6449

Deska č. 5						
0,2916	0,3215	0,3827	0,4531	0,4465	0,2864	0,3705
0,4169	0,2934	0,3402	0,6029	0,2552	0,2535	0,2156

Deska č. 6						
0,3192	0,3436	0,3543	0,2917	0,3127	0,3258	0,2644
0,4811	0,6485	0,3032	0,4936	0,1746	0,1608	0,1778

Deska č. 7						
0,3391	0,4232	0,4081	0,4049	0,4362	0,3688	0,3442
0,3178	0,5256	81	0,5364	0,2702	0,2893	0,3891

Deska č. 8						
0,2712	0,223	0,2304	0,2649	0,2219	0,1914	0,1702
0,2475	0,4825	0,2395	0,2426	0,2548	0,3054	0,3238

Deska č. 9						
0,2887	0,2744	0,211	0,2052	0,2033	0,2392	0,2760
0,3446	0,2185	0,3378	0,1681	0,2374	0,2264	0,2509

Deska č. 10						
0,2039	0,1816	0,2199	0,2088	0,167	0,4368	0,3115
0,2553	0,2549	0,308	0,2154	0,2733	0,2796	0,2889

Deska č. 11						
0,4118	0,2726	0,2619	0,2193	0,1812	0,2269	
0,2956	0,2086	0,1969	0,1141	0,293	0,2302	0,2127

Deska č. 12						
0,2754	0,2641	0,3539	0,3902	0,2078	0,2746	0,3404
0,1923	0,2510	0,1248	0,2021	0,2485	0,2679	0,1654

Deska č. 13						
0,1963	0,3246	0,2471	0,1558	0,3210	0,2521	0,3024
0,3519		0,3035	0,2836	0,2894	0,2133	0,2231

Deska č. 14						
0,1712	0,1869	0,2572	0,1538	0,2716	0,5084	0,1922
0,1705	0,1365	0,3389	0,2302	0,2467	0,2604	0,3225

Deska č. 15						
0,3199	0,2504	0,1605	0,2427	0,1962	0,2217	0,1632
0,1538	0,2184	0,2196	0,1825	0,1218	0,1778	0,2027

Deska č. 16						
0,1956	0,3078	0,2470	0,2276	0,132	0,1636	0,2944
0,2928	0,26	0,1781	0,2477	0,2143	0,4809	0,2119

Příloha 62 Tabulky hodnot po matematickém vyrovnání před zkouškami

Číslo desky							
1	2	3	4	5	6	7	8
0,2196	0,1742	0,2684	0,2410	0,2535	0,1746	0,2893	0,1914
0,2291	0,1866	0,2857	0,2431	0,2552	0,1778	0,3178	0,2219
0,2498	0,2195	0,2883	0,2645	0,2864	0,2644	0,3391	0,223
0,2512	0,2443	0,2991	0,2647	0,2916	0,2917	0,3442	0,2304
0,2711	0,2445	0,2994	0,2771	0,2934	0,3032	0,3688	0,2395
0,2746	0,2532	0,3475	0,2852	0,3215	0,3127	0,3891	0,2426
0,2841	0,2563	0,3509	0,2972	0,3402	0,3192	0,4049	0,2475
0,2844	0,2863	0,3527	0,3133	0,3705	0,3258	0,4081	0,2548
0,2884	0,2893	0,3543	0,3879	0,3827	0,3436	0,4232	0,2649
0,3065	0,3085	0,3643	0,4010	0,4169	0,3543	0,4362	0,2712
0,3069	0,3172	0,3963	0,4112	0,4465	0,4811	0,5256	0,3054
0,3566	0,3254	0,4419	0,4168	0,4531	0,4936	0,5364	0,3238

Číslo desky							
9	10	11	12	13	14	15	16
0,2033	0,1816	0,1812	0,1654	0,1963	0,1538	0,1538	0,1636
0,2052	0,2039	0,1969	0,1923	0,2133	0,1705	0,1605	0,1781
0,211	0,2088	0,2086	0,2021	0,2231	0,1712	0,1632	0,1956
0,2185	0,2154	0,2127	0,2078	0,2471	0,1869	0,1778	0,2119
0,2264	0,2199	0,2193	0,2485	0,2521	0,1922	0,1825	0,2143
0,2374	0,2549	0,2269	0,2510	0,2836	0,2302	0,1962	0,2276
0,2392	0,2553	0,2302	0,2641	0,2894	0,2467	0,2027	0,2470
0,2509	0,2733	0,2619	0,2679	0,3024	0,2572	0,2184	0,2477
0,2744	0,2796	0,2726	0,2746	0,3035	0,2604	0,2196	0,26
0,2760	0,2889	0,293	0,2754	0,3210	0,2716	0,2217	0,2928
0,2887	0,308	0,2956	0,3404	0,3246	0,3225	0,2427	0,2944
0,3378	0,3115		0,3539		0,3389	0,2504	0,3078

Příloha 63 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky před zkouškami

Číslo desky	Medián [kΩ]	Aritmetický průměr [kΩ]	Směrodatná odchylka [kΩ]
1	0,2794	0,2769	0,0358
2	0,2548	0,2588	0,0469
3	0,3492	0,3374	0,0489
4	0,2912	0,3169	0,0650
5	0,3309	0,3426	0,0678
6	0,31595	0,3202	0,0928
7	0,3970	0,3986	0,0726
8	0,2451	0,2514	0,0350
9	0,2383	0,2474	0,0387
10	0,2551	0,2501	0,0416
11	0,2269	0,2363	0,0370
12	0,2576	0,2536	0,0541
13	0,2836	0,2688	0,0426
14	0,2385	0,2335	0,0578
15	0,1995	0,1991	0,0308
16	0,2373	0,2367	0,0447

Příloha 64 Naměřené hodnoty po ohybu

Deska č. 1						
0,2498	0,2607	0,2816	0,2611	0,2672	0,1815	0,2279
0,3915	0,2312	0,3316	0,2026	0,2837	0,249	0,2075

Deska č. 2						
0,2978	0,2707	0,2345	0,1736	0,2276	0,2387	0,2026
0,1542	0,3297	0,2676	0,401	0,2246	0,3105	0,1542

Deska č. 3						
0,3425	0,3261	0,2671	0,2549	0,2812	0,3759	0,3336
0,5234	0,1987	0,3309	0,3293	0,2712	0,2831	0,4171

Deska č. 4						
0,3846	0,3657	0,3798	0,3171	0,2089	0,2483	0,2472
0,3963	0,2600	0,2672	0,2244	0,2281	0,278	0,6232

Deska č. 5						
0,2741	0,3031	0,3617	0,4192	0,4241	0,2686	0,3504
0,3972	0,2791	0,3219	0,5772	0,2396	0,2365	0,1989

Deska č. 6						
0,2962	0,3225	0,3381	0,2664	0,2945	0,3063	0,2462
0,4577	0,6253	0,2865	0,4694	0,1607	0,1789	0,1621

Deska č. 7						
0,3185	0,3941	0,3824	0,3793	0,4124	0,3459	0,3262
0,3019	0,5041		0,5125	0,2517	0,2698	0,3682

Deska č. 8						
0,2533	0,2319	0,2149	0,2487	0,2058	0,1751	0,1536
0,2317	0,4593	0,2226	0,2273	0,2387	0,2871	0,3048

Příloha 65 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po ohybu

Číslo desky							
1	2	3	4	5	6	7	8
0,2026	0,1542	0,2549	0,2244	0,2365	0,1621	0,2698	0,1751
0,2075	0,1736	0,2671	0,2281	0,2396	0,1789	0,3019	0,2058
0,2279	0,2026	0,2712	0,2472	0,2686	0,2462	0,3185	0,2149
0,2312	0,2246	0,2812	0,2483	0,2741	0,2664	0,3262	0,2226
0,249	0,2276	0,2831	0,2600	0,2791	0,2865	0,3459	0,2273
0,2498	0,2345	0,3261	0,2672	0,3031	0,2945	0,3682	0,2317
0,2607	0,2387	0,3293	0,278	0,3219	0,2962	0,3793	0,2319
0,2611	0,2676	0,3309	0,3171	0,3504	0,3063	0,3824	0,2387
0,2672	0,2707	0,3336	0,3657	0,3617	0,3225	0,3941	0,2487
0,2816	0,2978	0,3425	0,3798	0,3972	0,3381	0,4124	0,2533
0,2837	0,3105	0,3759	0,3846	0,4192	0,4577	0,5041	0,2871
0,3316	0,3297	0,4171	0,3963	0,4241	0,4694		0,3048

Příloha 66 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po ohybu

Číslo desky	Medián [kΩ]	Aritmetický průměr [kΩ]	Směrodatná odchylka [kΩ]
1	0,2553	0,2545	0,0341
2	0,2366	0,2443	0,0512
3	0,3277	0,3177	0,0463
4	0,2726	0,2998	0,0625
5	0,3125	0,3230	0,0641
6	0,2954	0,3021	0,0882
7	0,3682	0,3639	0,0603
8	0,2318	0,2368	0,0331

Příloha 67 Naměřené hodnoty po šocích

Deska č. 1						
0,3019	0,3028	0,3219	0,3039	0,3124	0,2211	0,2764
0,4595	0,2668	0,3803	0,2397	0,3292	0,2890	0,2495

Deska č. 2						
0,4494	0,3321	0,2815	0,2140	0,2691	0,3019	0,2483
0,1986	0,3920	0,3204	8,9	0,2784	0,4095	0,2522

Deska č. 3						
0,4129	0,4237	0,3327	0,3244	0,3433	0,4520	0,3961
0,6338	0,2666	0,4285	0,4266	0,3481	0,3497	0,5328

Deska č. 4						
0,4951	1,15	0,4823	0,715	0,2629	0,2974	0,2908
0,4548	0,3029	0,3234	0,2756	0,2680	0,3296	0,7586

Deska č. 9						
0,2982	0,2892	0,2259	0,2116	0,2096	0,2507	0,2909
0,3688	0,2321	0,3632	0,1700	0,2561	0,2369	0,2628

Deska č. 10						
0,2134	0,1918	0,2267	0,2222	0,1812	0,4734	0,3371
0,2728	0,2699	0,3285	0,2253	0,3021	0,3103	0,3263

Deska č. 11						
0,4576	0,2926	0,2760	0,2341	0,2015	0,2625	
0,3305	0,2427	0,2159	0,1263	0,3205	0,2474	0,2406

Deska č. 12						
0,3031	0,2828	0,3938	0,4419	0,2343	0,2968	0,3631
0,2156	0,2737	0,1899	0,2343	0,2846	0,3229	1,01

Příloha 68 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po šocích

Číslo desky							
1	2	3	4	9	10	11	12
0,2397	0,2140	0,3244	0,2680	0,2096	0,1918	0,2015	0,2156
0,2495	0,2483	0,3327	0,2756	0,2116	0,2134	0,2159	0,2343
0,2668	0,2522	0,3433	0,2908	0,2259	0,2222	0,2341	0,2343
0,2764	0,2691	0,3481	0,2974	0,2321	0,2253	0,2406	0,2737
0,2890	0,2784	0,3497	0,3029	0,2369	0,2267	0,2427	0,2828
0,3019	0,2815	0,3961	0,3234	0,2507	0,2699	0,2474	0,2846
0,3028	0,3019	0,4129	0,3296	0,2561	0,2728	0,2625	0,2968
0,3039	0,3204	0,4237	0,4548	0,2628	0,3021	0,2760	0,3031
0,3124	0,3321	0,4266	0,4823	0,2892	0,3103	0,2926	0,3229
0,3219	0,3920	0,4285	0,4951	0,2909	0,3263	0,3205	0,3631
0,3292	0,4095	0,4520	0,715	0,2982	0,3285	0,3305	0,3938
0,3803	0,4494	0,5328	0,7586	0,3632	0,3371		0,4419

Příloha 69 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po šocích

Číslo desky	Medián [kΩ]	Aritmetický průměr [kΩ]	Směrodatná odchylka [kΩ]
1	0,3024	0,2978	0,0364
2	0,2917	0,3124	0,0686
3	0,4045	0,3976	0,0586
4	0,3265	0,4161	0,1631
9	0,2534	0,2606	0,0422
10	0,2714	0,2689	0,0493
11	0,2474	0,2604	0,0391
12	0,2907	0,3039	0,0647

Příloha 70 Naměřené hodnoty po teplu + vlhku

Deska č. 5						
	11,8	257	113	12,9	255	32,1
57	75	111	268	30,1	328	437

Deska č. 6						
	34	79	378	242	15,8	109
276	38	7,5	24,5	385	88	335

Deska č. 7						
50	24	98	48	212	169	79
369	17	289	252	163	164	121

Deska č. 8						
23	1,75	1,689	0,759	1,039	1,45	2,42
163	8,9	349	192	148	209	20,5

Deska č. 13						
175	49	57	18	10	18	29
	37	6,9	259	18	16	9,6

Deska č. 14						
281	205	198	154	309	217	328
397	217	176	31	401	424	251

Deska č. 15						
11,5	12,5	8,5	5,4	6,2	13,4	14,2
9,9	4,2	2,9	1,5	2,3		18

Deska č. 16						
12,9	9	3,2	2,27	2,21	2,2	18,6
4,56	2,51	1,54	1,42	1,02	1,56	2,3

Příloha 71 Tabulka hodnot po matematickém vyrovnání po teple + vlhku

Číslo desky							
5	6	7	8	13	14	15	16
12,9	15,8	24	1,039	9,6	154	2,3	1,42
30,1	24,5	48	1,45	10	176	2,9	1,54
32,1	34	50	1,689	16	198	4,2	1,56
57	38	79	1,75	18	205	5,4	2,2
75	79	98	2,42	18	217	6,2	2,21
111	88	121	8,9	18	217	8,5	2,27
113	109	163	20,5	29	251	9,9	2,3
255	242	164	23	37	281	11,5	2,51
257	276	169	148	49	309	12,5	3,2
268	335	212	163	57	328	13,4	4,56
328	378	252	192	175	397	14,2	9
		289	209		401		12,9

Příloha 72 Vypočítané hodnoty pro jednotlivé desky po teple + vlhku

Číslo desky	Medián [kΩ]	Aritmetický průměr [kΩ]	Směrodatná odchylka [kΩ]
5	111	139,9	109,2
6	88	147,2	128,2
7	142	139,1	80,5
8	14,7	64,4	81,8
13	18	39,7	45,3
14	234	261,2	79,1
15	8,5	8,3	4,1
16	2,285	3,8	3,4