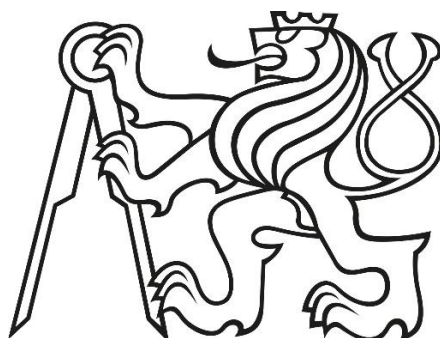


České vysoké učení technické v Praze

Fakulta elektrotechnická

Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd



Měření pájitelnosti metodou smáčecích vah

Solderability measurement by wetting balance test

Bakalářská práce

Bachelor's thesis

Iva Králová

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Karel Dušek, Ph.D.

Konzultant ekonomické části práce: Ing. Tomáš Podivínský

Studijní program: Elektrotechnika, energetika a management

Studijní obor: Elektrotechnika a management

Praha 2020

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Králová** Jméno: **Iva** Osobní číslo: **474773**
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**
Zadávající katedra/ústav: **Katedra ekonomiky, manažerství a humanitních věd**
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**
Studijní obor: **Elektrotechnika a management**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Měření pájitelnosti metodou smáčecích vah

Název bakalářské práce anglicky:

Solderability measurement by wetting balance test

Pokyny pro vypracování:

- 1) Seznamte se s technologií pájení a metodami testování.
- 2) U vybraných kombinací porovnejte pájitelnost.
- 3) Výsledky testů vyhodnoťte.
- 4) Navrhněte možnosti uvedení dávkovače pájecí pasty vyvinutého na FEL, ČVUT na trh

Seznam doporučené literatury:

- [1] ABEL M., CIMBUREK V.: Bezolovnaté pájení v legislativě i praxi, ABE.TEC, Pardubice 2005, ISBN 80-903597-0-1
- [2] MACH P., SKOČIL V., URBÁNEK J.: Montáž v elektrotechnice, ČVUT Praha, 2001
- [3] URBÁNEK J., KLABAČKA E.: Technologie elektronických zařízení, ČVUT Praha, 1997
- [4] Pietriková A., Ďurišin J., Mach P.: Diagnostika a optimalizácia použitia ekologických materiálov pre vodivé spájanie v elektronike, Fakulta elektrotechniky a informatiky Technickej university v Košiciach, Košice 2010, ISBN: 978-80-553-0447-2

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

doc. Ing. Karel Dušek, Ph.D., katedra elektrotechnologie FEL

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

Datum zadání bakalářské práce: **13.01.2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **22.05.2020**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2021**

doc. Ing. Karel Dušek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Mgr. Petr Páta, Ph.D.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Studentka bere na vědomí, že je povinna 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 studentky

Prohlášení

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

V Praze, dne 22. května 2020

.....

Iva Králová

Poděkování

Touto cestou bych chtěla poděkovat všem, kteří jakkoli přispěli k realizaci této bakalářské práce. Především pak děkuji panu doc. Ing. Karlu Duškovi, Ph.D. za odborné vedení mé práce, vstřícnost, trpělivost a pomoc při provádění experimentů. Dále bych chtěla poděkovat Ing. Tomáši Podivínskému za cenné rady a připomínky k ekonomické části této práce. Nemalé poděkování patří také Ing. Petru Veselému a Ing. Martinu Plačkovi, PhD., jejichž technické a technologické rady mi velmi pomohly při zpracovávání ekonomické části. Na závěr bych ráda poděkovala své rodině za podporu během celého studia.

Abstrakt

Teoretická část práce se zabývá technologiemi pájení, pájecími slitinami a vlivy přidávaných prvků na vlastnosti výsledného pájeného spoje. Následuje seznámení s tavídky a metodami testování pájitelnosti. Praktická část je zaměřena na porovnání smáčitelnosti nízkotavitelných bezolovnatých bismut-cínových slitin v závislosti na zvoleném tavídle. Dále je u těchto pájecích slitin zkoumán vliv dalších přidaných prvků, konkrétně gallia a fosforu. Pro měření byla použita metoda smáčecích vah. Ekonomická část práce je zaměřena na rozpracování marketingové strategie pro uvedení ručního dávkovače pájecí pasty na trh. Tento dávkovač byl vyvinut na katedře elektrotechnologie fakulty elektrotechnické ČVUT. Výsledná doporučení řešení tohoto problému budou sloužit katedře jako podklad pro následné rozhodování při uvádění nového dávkovače na trh.

Klíčová slova

Analýza trhu, meniskograf, metoda smáčecích vah, nízkotavitelné bezolovnaté slitiny, ruční dávkovač, smáčitelnost, SWOT analýza.

Abstract

The theoretical part of this thesis deals with soldering technologies, solder alloys and influences of added elements on properties of the final solder joint. The following part is familiarization with fluxes and methods of solderability testing. The practical part of the bachelor thesis focuses on the comparison of wettability of low-temperature lead-free alloys based on bismuth and tin, depending on chosen flux. In addition, the influence of other added elements, namely gallium and phosphorus, on this solder alloys is studied. The measurements were conducted with the use of wetting balance test. The economic part of the thesis aims to elaborate marketing strategies for the launch of hand-held solder paste dispenser to the market. This dispenser was created at the department of Electrotechnology, FEE, CTU in Prague. The final recommendations for the problem solution will serve as a basis for the University department for follow-up decision-making on the launch of the new dispenser to the market.

Keywords

Hand-held solder paste dispenser, low-temperature lead-free alloys, market analysis, meniscograph, SWOT analysis, wettability, wetting balance test.

OBSAH

Seznam použitých symbolů a zkratek.....	8
Úvod	9
1 Technologie pájení.....	10
1.1 Ruční pájení	10
1.2 Strojové pájení	11
1.2.1 Pájení tekutou pájkou – FLOW	11
1.2.1.1 Pájení vlnou	11
1.2.2 Pájení přetavením – REFLOW	13
2 Pájecí slitiny a tavidla	14
2.1 Pájecí slitiny	14
2.1.1 Pájecí pasty	15
2.1.1.1 Nanášení pájecích past	16
2.1.1.1.1 Nanášení pasty disperzerem (dávkovačem)	16
2.1.1.1.2 Nanášení pasty sítotiskem	18
2.1.1.1.3 Nanášení pasty šablonovým tiskem	19
2.2 Tavidla.....	19
3 Pájitelnost.....	22
3.1 Smáčení povrchu	22
3.2 Metody testování pájitelnosti	23
3.2.1 Ponořovací metody	24
3.2.2 Test roztékavosti	24
3.2.3 Metoda stoupání menisku	25
3.2.4 Otočně-ponořovací metoda	26
3.2.5 Kuličkový test	27
3.2.6 Metoda smáčecích vah	27
4 Praktická část.....	30
4.1 Popis použitých pomůcek a zařízení	30
4.1.1 Materiál pájených vzorků	30
4.1.2 Pájecí slitiny.....	30
4.1.3 Tavidla	31
4.1.4 Meniskograf	31
4.2 Postup měření.....	32
4.3 Naměřené hodnoty	33
4.4 Vyhodnocení naměřených hodnot.....	37
5 Ekonomická část.....	39
5.1 Představení „společnosti“ (katedra elektrotechnologie)	39
5.2 Představení výrobku – ruční dávkovač pastovitých látek	40
5.3 Externí analýza.....	41
5.3.1 Analýza trhu s ručními dávkovači	41
5.3.2 Analýza konkurence	43
5.3.2.1 Musashi Engineering, Inc.	44

5.3.2.2	Fisnar	45
5.3.2.3	PBT Works, s.r.o.	45
5.3.2.4	Porterův sektorový šestiúhelník	46
5.3.3	Analýza spotřebitele	47
5.3.3.1	Kdo?	47
5.3.3.2	Co?, Kde? a Jak?	47
5.3.3.3	Za kolik?	48
5.3.3.3.1	Kalkulace nákladů na výrobu dávkovače 3D tiskem	48
5.3.3.3.2	Kalkulace nákladů na výrobu dávkovače vstříkolisovou výrobou 51	
5.3.4	Analýza distribuce	54
5.3.4.1	Přímý prodej	54
5.3.4.2	Nepřímý prodej.....	55
5.3.4.3	Další možnosti	55
5.3.5	Makroprostředí.....	55
5.4	Stanovení cíle a SWOT analýza.....	56
5.4.1	Analýza výstupů SWOT analýzy.....	57
Shrnutí a závěr		59
Seznam obrázků.....		61
Seznam tabulek		62
Seznam grafů.....		62
Seznam použité literatury		63
Přílohy.....		I
	Příloha 1 – Citlivostní analýza výrobních nákladů v závislosti na počtu vyrobených kusů za rok metodou vstříkolisu	I

Seznam použitých symbolů a zkratk

- **ČSN** – česká technická norma
- **DIN** – Deutsche Industrie-Norm, norma vydávaná německým ústavem pro průmyslovou normalizaci
- **DPS** – deska plošného spoje
- **EN** – European Norms
- **FDM** – Fused Deposition Modeling, registrovaná ochranná značka společnosti Stratasys na výrobní metodu 3D tisku založenou na principu nanášení roztaveného materiálu v tenkých vrstvách
- **FFF** – Fused Filament Fabrication, stejná technologie 3D tisku jako FDM
- **ISO** – International Standard Organisation, mezinárodní organizace pro normalizaci
- **MSLA** – Mask Stereolithography, metoda 3D tisku využívající technologii vytvrzování tekuté pryskyřice
- **PC** – polykarbonát
- **PET-G** – polyethylentereftalát modifikovaný glykolem
- **PLA** – polylactic acid, kyselina polymléčná
- **RoHS** – Restriction of Hazardous Substances – směrnice zakazující používání některých nebezpečných látek při výrobě elektrických a elektronických zařízení
- **SAC** – slitina cínu (96 %^{*}), stříbra (3,2 %^{*}) a mědi (0,8 %^{*})
- **SMD** – surface mount device – součástky pro povrchovou montáž
- **SMT** – surface mount technology – povrchová montáž
- **THD** – through-hole device – vývodové součástky pro montáž do děr
- **WEEE** – Waste Electrical and Electronic Equipment – směrnice o odpadních elektrických a elektronických zařízeních

^{*} jedná se o hmotnostní procenta, nikoliv objemová

Úvod

Pájení je v elektronice velmi důležitou technologií a v posledních letech často diskutované téma. Důvodem je omezení používání olova, které bylo donedávna nedílnou součástí každé pájecí slitiny. S tímto omezením přišel tedy i tlak nalézt pájecí slitinu s podobnými vlastnostmi jako mají olovnaté pájky. Jednou z možností, čím lze olovo v cínových pájkách nahradit, je bismut. Bismut výrazně snižuje teplotu tání těchto slitin [1]. Bi-Sn pájky však nedosahují tak dobrých výsledků jako Sn-Pb slitiny, proto se do nich přidávají další prvky, které zlepšují jejich vlastnosti. Důležitým parametrem při výběru správné kombinace materiálů je pájitelnost, kterou lze kvantifikovat například pomocí metody smáčecích vah.

V teoretické části práce jsou podrobněji rozebrány technologie pájení, pájecí slitiny, tavidla a metody testování pájitelnosti. Vzhledem k tomu, že smáčitelnost je klíčovou vlastností pro průmysl použitelných pájecích slitin, praktická část této práce je věnována porovnání smáčitelnosti bezolovnatých nízkotavitelných pájek. Velký vliv na tuto vlastnost mají také tavidla, a proto pro metodu smáčecích vah byly použity i dva druhy tavidel. K experimentu byly vybrány nízkotavitelné bismut-cínové slitiny, u kterých byl zkoumán vliv dalších přidaných prvků. Konkrétně se jednalo o gallium a fosfor jako třetí a čtvrtý prvek bismut-cínové slitiny.

S pájením a pájecími slitinami úzce souvisí i pájecí pasty a problematika jejich dávkování. V současné době se setkáváme s případy, kdy si lidé „dávkovač“ vyrobí raději sami doma, než aby zaplatili velké peníze za kvalitnější dávkovač. Zaplatit za obyčejnou dávkovací pistoli přes 1 000 Kč není totiž žádnou výjimkou. Na současném českém trhu jsou všechny dávkovací systémy velmi drahé. Proto katedra elektrotechnologie fakulty elektrotechnické ČVUT vyvinula nový dávkovač pastovitých látek, jehož výrobní náklady jsou tak nízké, že by prodejní cena mohla dosahovat hodnot jen kolem 100 Kč. V ekonomické části této práce byla rozpracována marketingová strategie pro uvedení tohoto dávkovače na trh. V závěru je potom část věnována výsledným doporučením, která budou katedře sloužit jako podklad při rozhodování o uvedení dávkovače na český trh.

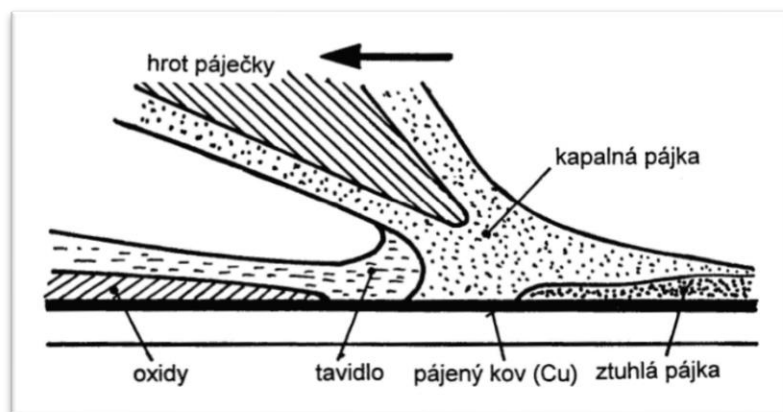
1 Technologie pájení

Pájení je jednou z nejstarších metalurgických metod spojování kovů. Tato technologie vodivého propojování byla používána již od počátku elektronického a elektrotechnického průmyslu. Během procesu pájení dochází k chemické reakci mezi dvěma kovy, nejčastěji mezi mědí a cínem, jejíž výsledkem je intermetalická sloučenina. Podle používaných teplot při pájení rozlišujeme pájení měkké (do 450 °C) a pájení tvrdé (nad 450 °C). Zatímco měkkého pájení se využívá pro připojování vývodů součástek a spojování vodičů, tvrdé pájení používáme především pro spojování mechanických konstrukčních částí. S nástupem povrchové montáže (SMT) se pájení stalo převažujícím výrobním procesem [2],[3],[4].

Podle základního rozdělení pájení rozlišujeme pájení ruční a strojové. Strojové se potom dále dělí podle techniky pájení.

1.1 Ruční pájení

Ruční pájení je jedním z nejstarších typů pájení, které používáme dodnes. Nejprve je potřeba umístit pájené části do vhodné polohy a zafixovat. Dále je nutné nanést a zaktivovat tavidlo, které zajistí dobrou smáčivost materiálu roztavenou pájkou. Poté se musí hrotem ruční páječky spoj ohřát na pracovní teplotu, přivést do spoje pájku, a nakonec zapájený spoj ochladit a očistit [4].



Obr. 1 – Tvorba ručně pájeného spoje [4].

Ačkoli je ruční pájení velmi rozšířené, není příliš spolehlivé. Je to dáno tím, že člověk není schopný dostatečně přesně opakovat všechny rozhodující kroky důležité pro vytvoření kvalitního spoje. Proměnlivými faktory jsou například doba pájení, či tepelné zatížení pájeného spoje. Nejisté je i množství pájecí slitiny ve spoji. Z těchto důvodů se technologie ručního pájení využívá hlavně na opravu špatně zapájeného spoje, při dodatečném připájení součástek, které z nějakého důvodu nemohly být zapájeny při strojním pájení, nebo také pro domácí kutilství [4].

1.2 Strojové pájení

Kvalita spoje vytvořeného jednou z metod strojového pájení je nezávislá na lidském faktoru. Navíc se touto technologií pájení zvyšuje produktivita práce, šetří materiál i energie a na obsluhu zařízení pro strojové pájení postačí méně kvalifikovaná pracovní síla. Dosáhne se tím tedy velké úspory výrobních nákladů, kratších výrobních časů a ve srovnání s ručním pájením i větší opakovatelnosti výsledků pájení [5].

Strojové pájení rozdělujeme na pájení tekutou pájkou, tzv. FLOW a pájení přetavením, tzv. REFLOW.

1.2.1 Pájení tekutou pájkou – FLOW

Existují tři základní druhy pájení tekutou pájkou:

- Pájení vlnou
- Pájení vlečením
- Pájení ponorem

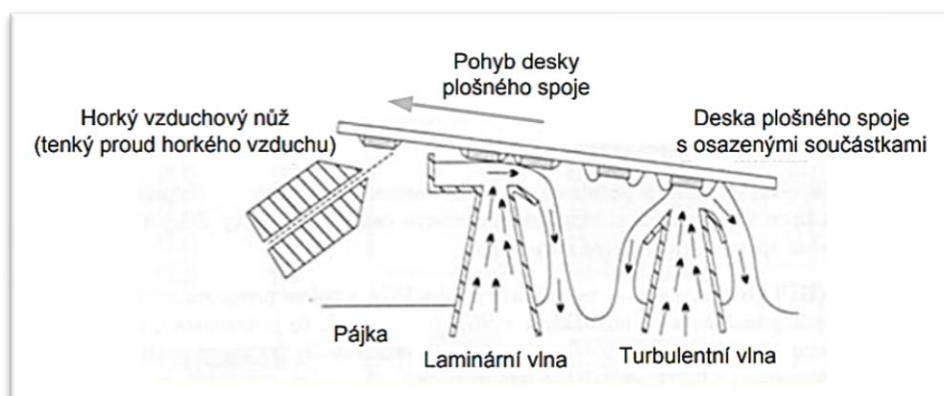
Dále však popíšu pouze pájení vlnou, neboť se jedná o nejpoužívanější metodu, která úzce souvisí s tématem mé práce. Popis zbylých metod by byl již nad rámec této práce.

1.2.1.1 Pájení vlnou

Pájení vlnou je v současné době nejčastěji používaná technologie FLOW pájení při zapájení, ať už THD (vývodové součástky pro montáž do děr), či SMD (součástky pro povrchovou montáž) součástek na desku plošného spoje (DPS). Při povrchové montáži je třeba SMD součástky nejprve přilepit nevodivým, netoxickým, málo roztékavým a s teplotou neměknoucím lepidlem, které bude mít zároveň dobrou adhezi k DPS i součástce, nebude je chemicky ovlivňovat a bude zajišťovat dostatečnou pevnost spoje. Až po vytvrnutí lepidla je možné DPS otočit a součástky zapájet [2],[6].

Proces pájení vlnou se skládá z několika částí. Nejdřív je třeba pájený povrch aktivovat, např. nejčastěji používaným způsobem – prostřednictvím tavidla. Dále je DPS předehřívána, aby se zabránilo nežádoucím teplotním šokům při styku s pájecí slitinou. Zároveň dochází k aktivaci tavidla, kdy se odpařují jeho rozpouštědla, která by mohla být důvodem vzniku dutin v pájce. Kdyby nedocházelo k rovnoměrnému a pomalému ohřevu již před ponořením DPS do pájky, hrozilo by uvolňování plynů a výparů z tavidla až během pájení [2].

Při pájení vlnou je roztavená pájka v nádobě, ve které se soustavou čerpadel a trysek vytvoří vlna, případně vlny. K samotnému procesu zapájení součástek se zpravidla používá dvou vln – vlny turbulentní a vlny laminární, neboť samotná turbulentní vlna neumožní odstranění přebytečné pájky, která následně vytváří nežádoucí shluky a můstky. Úkolem první vlny (turbulentní) je podpořit funkci tavidla a vyvolat dokonalé očištění pájených povrchů. Druhá vlna (laminární) odstraňuje přebytečnou pájku a snižuje riziko vzniku zkratů. Při pájení vlnou se osazená DPS pohybuje nad těmito dvěma vlnami a tím jsou součástky zapájeny. Na částech DPS, které nejsou určeny k pájení, je nanesena nepájivá ochranná vrstva tzv. nepájivá maska. Bezprostředně za laminární vlnou prochází DPS ještě úzkým proudem horkého vzduchu (380 °C) tzv. horkým nožem, jehož funkcí je odstranění případné přebytečné pájky ve formě vzniklých „krápníků“ vytvořených za některými spoji. Optimální nájezdový úhel na obě vlny je 6°–8°. U horkého nože je potom možné nastavit úhel 45°–70° a tlak 200 kPa – 300 kPa [2],[6].



Obr. 2 – Pájení vlnou [6].

1.2.2 Pájení přetavením – REFLOW

Technologie REFLOW hraje důležitou roli při kontaktování SMD součástek na DPS. Pájení přetavením je vhodné pro jednostrannou i oboustrannou SMT, případně také při smíšené montáži THD součástkami. Na rozdíl od FLOW pájení je při REFLOW nanášena pájecí pasta, jejíž součástí je i tavidlo, na tzv. pady (připojovací plošky na DPS). To se dělá šablonovým tiskem, sítotiskem, nebo dispenzerem (vytlačování pájecí pasty dutým hrotem). Následuje osazení DPS součástkami a zapájení. Přetavení probíhá v peci s nastaveným teplotním profilem, který je charakteristický pro zvolenou pájecí pastu [6],[7].

K samotnému přetavení se využívá několika druhů technologií [8]:

- ohřev infračerveným zářičem
 - konvekční pájení (ohřev horkým vzduchem nebo plynem)
 - ohřev laserem
 - ohřev kondenzací par
 - ohřev vedením tepla
- a další...

2 Pájecí slitiny a tavidla

2.1 Pájecí slitiny

Pájecí slitina neboli pájka je slitina používaná k vodivému spojování kovů či uchycení součástek na DPS. Zpravidla se jedná o slitinu dvou nebo tří kovů, avšak ve speciálních případech se můžeme setkat i se slitinou vícesložkovou, či s čistým kovem. Teplota tání pájky musí být nižší než teplota tání spojovaných částí [4].

Běžně rozdělujeme pájecí slitiny podle přítomnosti olova na olovnaté a bezolovnaté. Do roku 2006 bylo pro osvědčenou spolehlivost v kombinaci s ostatními kovy hojně využívané olovo. Nejpoužívanější pájkou byla potom slitina na bázi olova a cínu Sn63Pb37 (63 % cín, 37 % olovo). Z důvodu toxicity olova, které kontaminuje spodní vody, půdu a vzduch a následně vede k poškození lidského zdraví, byla v roce 2003 s platností od 1. července 2006 vydána direktiva Evropské komise 2002/96/EC o nebezpečných odpadech z elektrických a elektronických zařízení (WEEE) rozšířená o směrnici 2002/95/EC o zákazu užívání nebezpečných látek (RoHS). Znamenalo to tedy, že všemi evropskými státy byl přijat zákaz používání olova (a pěti dalších látek: rtuti, kadmia, šestimocného chromu, polybromovaných bifenylyů a polybromovaných difenyletherů) v elektronice. Výjimku tvoří výrobky, které se bez použití těchto látek nedají v současné době vyrobit, jako např. akumulátory, dále pak zařízení, u kterých ekologický vodivý spoj nedosahuje kvalit jejich neekologické verze. Jedná se o zařízení pro armádu, lékařství a vesmírný program. Co se týče bezolovnatých pájek, jako základ se používá zpravidla cín. Je to z toho důvodu, že cín zajišťuje dobrou pevnost spoje, má nízkou teplotu tavení (232,06 °C) a je levný. Mezi nejběžnější pájecí slitiny patří slitina Sn, Ag, Cu tzv. SAC [2],[3],[9].

Každý kov použitý s cínem v pájecí slitině ovlivňuje nějakým způsobem její vlastnosti [2],[10]:

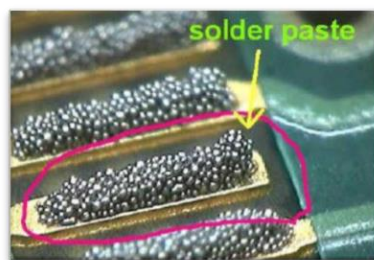
- Měď:
 - snižuje teplotu tavení a tekutost pájky
 - zvyšuje pevnost spoje a smáčivost pájky
- Zinek:
 - snižuje teplotu tavení
 - po ztuhnutí způsobuje pórovitost a zrnitost
 - spoj je náchylnější na oxidaci, proto je nutné používat hodně tavidla, aby se zabránilo korozi, nevhodné pro pájení vlnou
 - nízká cena

- Stříbro: – snižuje teplotu tavení
– zvyšuje pevnost spoje, povrch bez lesku
– vysoká cena
- Indium: – snižuje teplotu tavení
– zvyšuje tažnost
– vysoká cena
- Bismut: – snižuje teplotu tavení, ale i pevnost
– zlepšuje smáčivost pájky
– vysoká cena
- Antimon: – zlepšuje pevnost spoje, ale jeho nadměrné množství způsobuje křehkost pájeného spoje
- Nikl: – zabraňuje tvorbě whiskerů
– jeho nadbytek způsobuje křehkost spoje
- Fosfor: – zvyšuje tvrdost spoje, ale i křehkost
– snižuje oxidaci pájky a tím zlepšuje její smáčivost
– nadměrné množství naopak smáčivost zhoršuje

Pájky se vyskytují v různých formách v závislosti na použité technologii pájení. Při ručním pájení používáme pájku ve formě drátu, který může mít jedno nebo několik dutých jader vyplněných tavidlem. Pro pájecí lázně se využívá pájky ve tvaru ingotu a pro pájení přetavením potom tzv. pájecí pasty [2],[4].

2.1.1 Pájecí pasty

Pájecí pasta je hmota, která se skládá ze dvou hlavních částí – 90 %* pájecí pasty tvoří pájecí částičky (zrna) a ve zbylých 10 %* je zastoupeno převážně tavidlo, dále jiné příměsi zajišťující lepivost pájecí pasty, její viskozitu a roztékavost. Tyto vlastnosti jsou velmi důležité při fixování součástek na DPS před samotným přetavením [2],[11].



Obr. 3 – Detail pájecí pasty [12].

* jedná se o hmotnostní procenta, nikoliv objemová

Klíčovým faktorem pro vytvoření kvalitního spoje je volba složení pájecí slitiny a velikost zrn. Při výběru slitiny je třeba zohlednit teplotu tavení, elektrickou i tepelnou vodivost, mechanické vlastnosti a další. Jak již bylo zmíněno výše, dříve pasty obsahovaly olovo, avšak z důvodu jeho toxicity bylo nahrazeno jinými látkami. Co se velikosti zrn týče, ta se volí podle způsobu nanášení pájecí pasty a velikosti motivu DPS. V úvahu musíme brát také fakt, že čím jsou zrna menší, tím pájecí pasta obsahuje více oxidů kvůli celkově většímu povrchu kuliček. Vysoký obsah oxidů v pájecí pastě má nepříznivý vliv na povrchové napětí a smáčivost. Uplatňuje se zde však tzv. pravidlo 5D, které říká, že do nejmenšího otvoru šablony by se mělo vejít nejméně 5 zrn pájecí slitiny o největším průměru na výšku i na šířku. Průchodnost šablonou stanovuje norma (např. ANSI/J-STD-006 nebo QQ-S-571) [2],[11],[13].

Tabulka 1 – Dělení past na základě velikosti jejich kovových částic dle norem ANSI/J-STD-006 nebo QQ-S-571 [2].

Označení typu pasty podle normy QQ-S-571	Přechodnost a nepřechodnost sítkou [počet ok na palec]	Typický průměr - částic pasty [μm]	Vhodný typ vývodu součástky pro daný typ pasty	
			Označení rozstupu	Rozměr rozstupu [mm]
Typ 1	-100/+200	75-150	Štandardný	2,5
Typ 2	-200/+325	45-75	Štandardný	1,25
Typ 3	-325/+500	25-45	„Fine Pitch“	0,635 - 0,4
Typ 4	-400/+525	20-38	„Ultra Fine Pitch“	0,3
Typ 5	-500/+635	15-25	„Ultra Fine Pitch“	<0.1
Typ 6	-600/+715	5-15	„Ultra Fine Pitch“	<0.07

2.1.1.1 Nanášení pájecích past

2.1.1.1.1 Nanášení pasty disperzerem (dávkovačem)

Jedná se o injekční nanášení pasty bod po bodu. Dispenzery mohou být jak ruční, tak automatické či poloautomatické. Z důvodu menší přesnosti a delší doby nanášení pájecí pasty je tato metoda vhodná pro kusovou výrobu nebo opravy, případně výměny některých součástek, nikoli však pro velkosériovou výrobu. Automatické dávkovače se využívají jako alternativa k šablonovému tisku (případně sítotisku) například tam, kde je výroba DPS rozmanitá, ale výroba neprobíhá v tak velkém množství, aby se vyplatilo vytvářet šablony pro každý typ DPS [2],[14],[15].

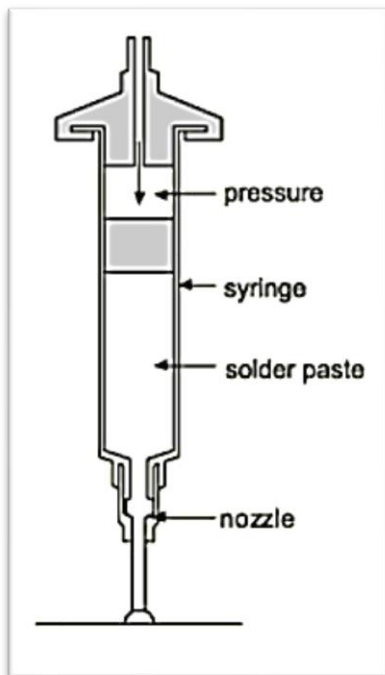
Rozlišujeme různé způsoby dávkování pájecích past dávkovačem, a to tlakové nanášení s definovanou nanášecí dobou, nanášení pomocí dávkovače s rotačním vřetenem, nanášení tryskáním kapek neboli micro-jetting a nanášení laserové [2],[14].

Tlakové nanášení

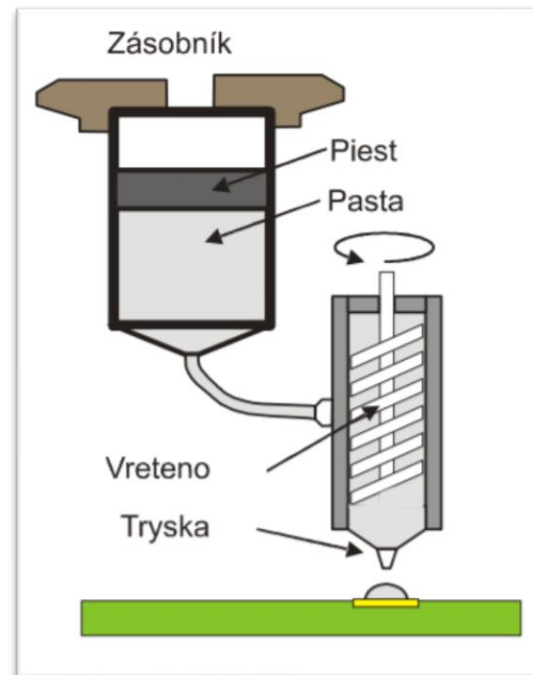
Tlakové nanášení s definovanou dobou je způsob dávkování, kdy na píst působí konstantní tlak po určitý čas. Následkem toho je definované množství pasty ze zásobníku vytlačováno ven [2],[14].

Šroubové nanášení

Tento způsob dávkování je kombinací tlaku a šroubu a používá se zejména pro pasty, které při transportu vyžadují promíchávání. Na zásobník s pastou působí píst konstantním tlakem, což zajistí dodání pasty do dávkovací hlavice. Otáčením šroubu (vřetena) je umožněno nanesení pájecí pasty na určenou plochu. Množství pasty lze regulovat rychlostí otáčení šroubu, dobou otáčení, plnicím tlakem a kapacitou hlavice [2],[14].



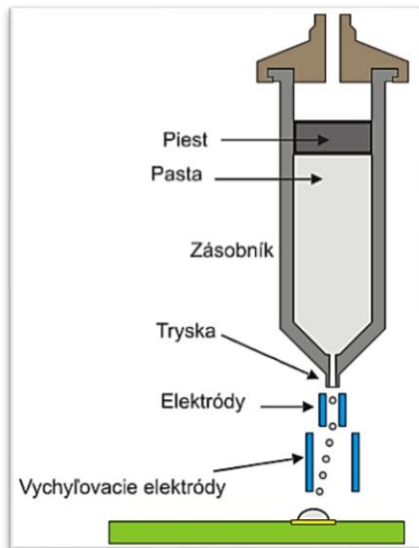
Obr. 4 – Tlakový dávkovač [14].



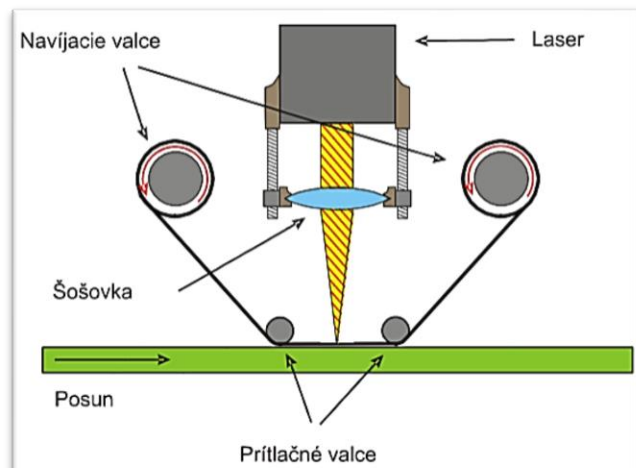
Obr. 5 – Dávkovač se šroubovým nanášením [2].

Kapkové nanášení (micro-jetting)

Nanášení pájecí pasty technologií micro-jetting spočívá v oddělení drobných dávek pájecí pasty za pomoci piezočerpadla. V průběhu dopadání na DPS je kapka urychlována a vychylována na požadované místo elektrickým polem elektrod. Velikou výhodou tohoto způsobu dávkování je zejména vysoká rychlost nanášení, bezkontaktnost a flexibilita nanášení do různých tvarů a struktur na DPS [2],[14].



Obr. 6 – Nanášení pájecí pasty technologií micro-jetting [2].



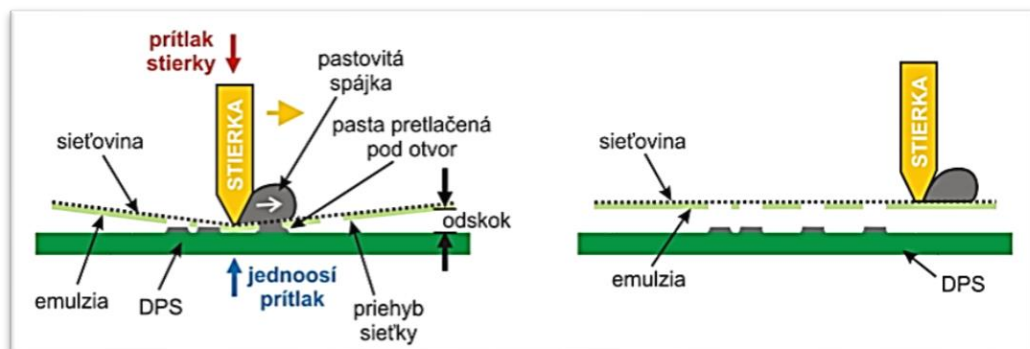
Obr. 7 – Nanášení pájecí pasty pomocí laserového paprsku [2].

Nanášení laserem

Při dávkování laserem se využívá nosiče pasty o tloušťce 20 μm – 100 μm , na kterém je nanesena vrstva pájecí pasty 10 μm – 50 μm . Dále je tato vrstva přes čočku ozářena laserovým paprskem, což způsobí nanesení pasty na DPS. Tento způsob je velmi rychlý a přesný [2].

2.1.1.1.2 Nanášení pasty sítotiskem

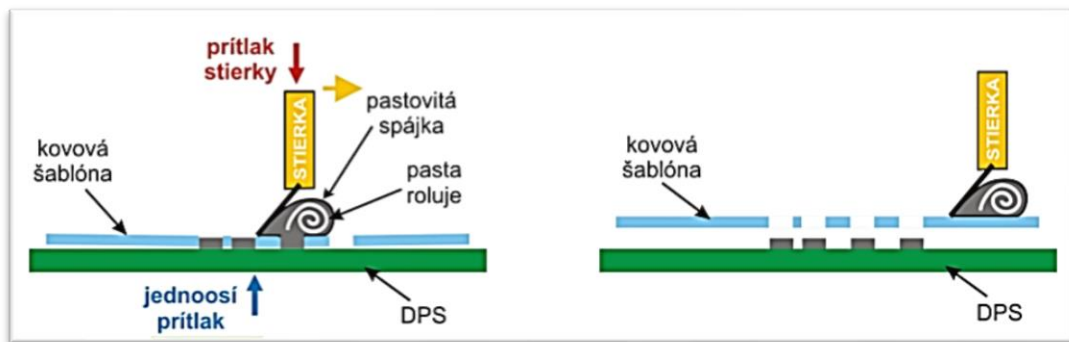
Výhodou nanášení pasty sítotiskem je rychlost nanesení a snadná kontrola množství nanesené pájecí pasty. Při sítotisku se DPS překryje sítkou vyrobenou nejčastěji z korozi-vzdorné oceli. Sítka potom obsahuje otvory pouze v místech, kde má být nanesena pasta. Pohybem stěrky přes celou její plochu se pájecí pasta protlačuje skrz otvory sítky na substrát DPS. Důležitá je rychlost a tlak stěrky. Také se musí dodržet tzv. odskok (viz Obr. 15). Ke kontaktu sítky se substrátem dochází pouze v momentě protlačování pasty, jinak tyto dva prvky nejsou v přímém kontaktu [2],[13].



Obr. 8 – Sítotisk pájecí pasty [2].

2.1.1.1.3 Nanášení pasty šablonovým tiskem

Metoda tisku přes šablonu je nejpoužívanější technologií nanášení pájecí pasty ve velkovýrobě. Princip nanášení pasty přes šablonu je stejný jako u síťotisku. Rozdíl u šablony oproti síťce je takový, že šablona je po celou dobu v těsném kontaktu se substrátem DPS. Až po protlačení pájecí pasty přes její motiv je ve vertikálním směru dostatečnou rychlostí odtrhnuta tak, aby zůstal zachovaný nanesený vzor. Je velmi důležité, aby před nanesením pasty byla šablona přesně zarovnána s DPS. Nevýhodou může být, v případě nesprávné manipulace, rozmazání pasty na pájených ploškách a horší přizpůsobení šablony nerovnostem povrchu. Šablony však mají větší životnost a lze přes ně tisknout jemnější motivy než přes síťku. Materiálem pro šablony jsou zpravidla kovy, případně slitiny kovů jako např. bronz, nikl, korozi-vzdorná ocel apod. Vyrábí se pro každou DPS zvlášť různými metodami – chemickým leptáním, řezáním laserem či elektrolytickým formováním [2],[14],[15].



Obr. 9 – Tisk pájecí pasty přes šablonu [2].

2.2 Tavidla

Důležitým komponentem v procesu pájení je také tavidlo. K vytvoření kvalitního spoje je třeba nejprve zajistit očištění spojovaných kovů od nečistot a povrchových oxidů. K tomu slouží aktivátory v podobě halogenidů nebo organických kyselin obsažené v tavidle. Další složkou tavidla bývá pryskyřice, která zejména u pájecích past zajišťuje její konzistenci a díky své lepivosti omezuje pohyb osazených součástek na DPS. Tavidlo obsahuje také rozpouštědla, např. glykoether nebo polyoly, která mají vliv na výsledný pach pasty a ovlivňují dobu, po kterou může být pasta nanesená na šabloně, aniž by ztrácela své vlastnosti. Tato doba je dána bodem varu a rychlostí vypařování rozpouštědla. Poslední složkou tavidla pájecích past jsou tixotropní materiály – například celulóza a akrylové pryskyřice, které zajišťují zachování a obnovu viskozity pasty. Při jejím tisku totiž viskozita klesá, my však požadujeme

udržení motivu natištěné pasty na substrátu. V neposlední řadě je funkcí tavidla také dočasné snížení povrchového napětí, čímž je zajištěna podpora smáčení pájky. Tavidla se vyskytují v tekutém stavu (na bázi pryskyřic), ve stavu tuhém (na bázi organických látek) a v pájecích pastách ve formě gelu [13],[15].

Nejstarší dělení pryskyřicových tavidel na bázi kalafuny určuje americká vojenská norma MIL-F-14256, která tavidla rozděluje podle úrovně aktivity na R (Resin), RMA (Resin Middle Activated), RA (Resin Activated) a RSA (Resin strong activated) [2],[16].

Také ČSN případně převzaté evropské normy ISO nebo DIN rozdělují tavidla podle různých kritérií.

Norma ČSN EN ISO 9454-1 vychází ze složení tavidel a označuje je číselně, kdy první číslo značí typ tavidla, druhé základní složku a třetí aktivátor. Dále je za tato tři čísla přidáno písmeno označující formu, ve které se tavidlo nachází. Viz Tabulka 2 [2],[16].

Norma ČSN EN DIN 61190-1-1 dělí tavidla podle chemického složení a úrovně aktivity. Aktivita tavidla je značena písmeny L pro nízkou aktivitu (low), M pro střední (medium) a H pro vysokou aktivitu (high). Toto rozdělení znázorňuje Tabulka 3 [2],[16].

Tabulka 2 – Dělení tavidel podle normy ČSN EN ISO 9454-1 [14].

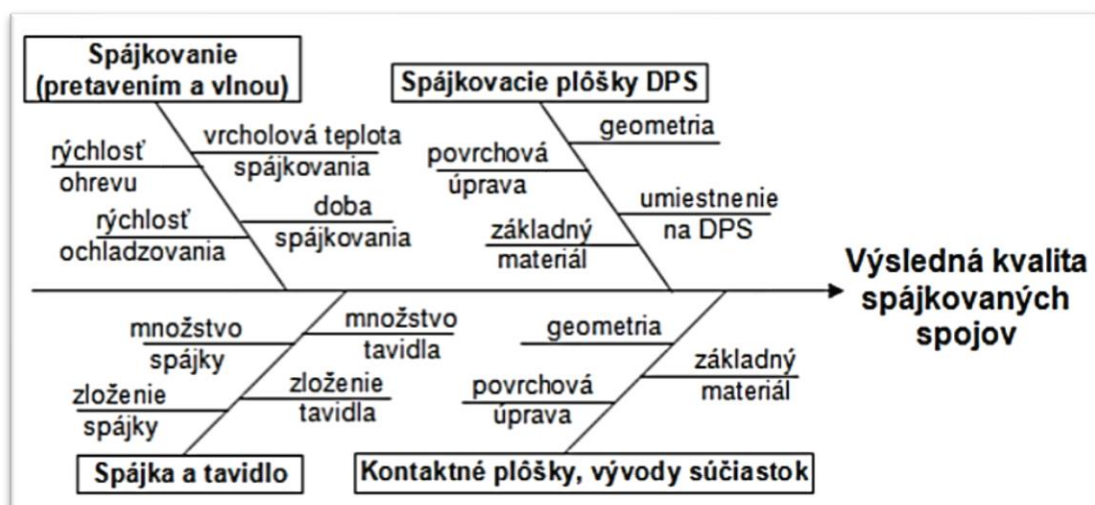
TYP TAVIDLA	ZÁKL.SLOŽKA	AKTIVÁTOR	FORMA TAVIDLA
1. pryskyřicové	1. kalafuna (přir.prysk.) 2. bez kalafuny syntetická pryskyřice	1. bez aktivátoru 2. aktivováno halogenidy 3. aktivováno bez halogenidů	A tekuté B tuhé C pasta
2. organické	1. rozpustné ve vodě 2. nerozpustné ve vodě	1. bez aktivátoru 2. aktivováno halogenidy 3. aktivováno bez halogenidů	A tekuté B tuhé C pasta
3. anorganické	1. soli 2. kyseliny 3. zásady	1. NH ₄ Cl 2. bez NH ₄ Cl 1. kys. fosforečná 2. jiné kyseliny 1. aminy nebo amoniak	A tekuté B tuhé C pasta

Tabulka 3 – Dělení tavidel podle normy ČSN EN DIN 61190-1-1 [2].

Zloženie	Aktivita tavidla (% halogenidu)	Označenie aktivity tavidla	Klasifikácia tavidla podľa IEC	Klasifikácia tavidla podľa ISO
Prírodná živica (Rosin-RO)	nízka (0%)	L0	ROL0	1.1.1
	nízka (<0,5%)	L1	ROL1	1.1.2.W, 1.1.2.X
	mierna (0%)	M0	ROM0	1.1.3
	mierna (0,2%-2,0%)	M1	ROM1	1.1.2.Y, 1.1.2.X
	vysoká (0%)	H0	ROH0	1.1.3.X
	vysoká (>2%)	H1	ROH1	1.2.2.Z
Živica (Resin-RE)	nízka (0%)	L0	REL0	1.2.1
	nízka (<0,5%)	L1	REL1	1.2.2.W, 1.1.2.X
	mierna (0%)	M0	REM0	1.2.3
	mierna (0,2%-2,0%)	M1	REM1	1.2.2.Y, 1.1.2.X
	vysoká (0%)	H0	REH0	1.2.3.X
	vysoká (>2%)	H1	REH1	1.2.2.Z
Organické (Organic-OR)	nízka (0%)	L0	ORL0	2.2.1, 2.2.3.E
	nízka (<0,5%)	L1	ORL1	/
	mierna (0%)	M0	ORM0	/
	mierna (0,2%-2,0%)	M1	ORM1	2.1.2, 2.2.2
	vysoká (0%)	H0	ORH0	2.2.3.0
	vysoká (>2%)	H1	ORH1	2.2.2
Anorganické (Inorganic-IN)	nízka (0%)	L0	INL0	Neaplikovateľné
	nízka (<0,5%)	L1	INL1	
	mierna (0%)	M0	INM0	
	mierna (0,2%-2,0%)	M1	INM1	
	vysoká (0%)	H0	INH0	
	vysoká (>2%)	H1	INH1	

3 Pájitelnosť

Při procese pájení je nezbytné, aby pájené části měly dobrou pájitelnosť, což je schopnosť kovového povrchu být rychle, rovnoměrně a v daném čase na celé ploše smáčený pájkou [2]. Mezi nejdůležitější parametry ovlivňující pájitelnosť patří chemické složení pájky, materiál pájených povrchů a použité tavidlo. Mimo to musí mít roztavená pájka vyhovující smáčivost, roztékavost a vzlínavost, nízkou viskozitu a malé povrchové napětí. Obr. 10 znázorňuje další činitele, které se na kvalitě podílejí [2],[17].



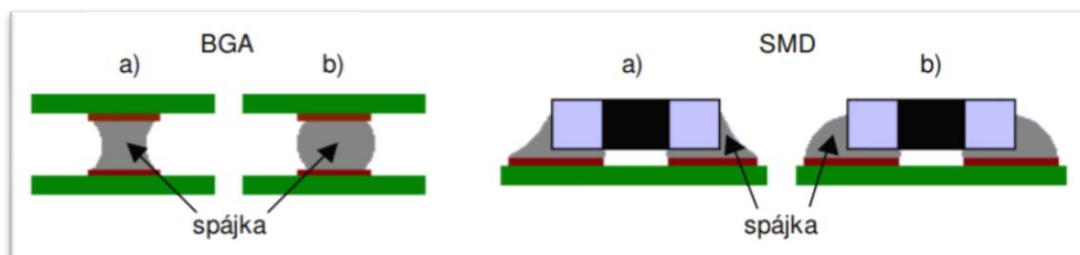
Obr. 10 – Diagram príčin a dôsledků pôsobení základných faktorů na výslednou kvalitu pájených spojů [2].

3.1 Smáčenie povrchu

Jak již bylo zmíněno výše, smáčivost je vlastnosť povrchu. Pokud je povrch dobře smáčivý, po styku s roztavenou pájkou dojde k vytvoření tenké souvislé vrstvy materiálu. Pro srovnání kvality smáčení povrchu používáme měřítko rychlosti smáčení a stupně smáčivosti, tedy jak daleko a rovnoměrně se materiál rozteče. Obě tato kritéria lze ovlivnit nejen použitím tavidla, ale také vhodně zvoleným zdrojem tepla, který zajistí rovnoměrný ohřev [18].

Povrch kapky roztavené pájky se snaží dosáhnout stavu, při kterém bude mít systém pájený materiál – prostředí – pájka co možná nejmenší povrchovou energii. Toho pájka docílí za pomoci povrchového napětí tím, že zaujme kulovitý tvar. V okamžiku styku roztavené pájky se substrátem se jejich povrchová napětí navzájem vyrovnají. Následně lze z vlastností pájky poznat, zda je povrch smáčivý, nesmáčivý nebo došlo k odsmáčení. Správný smáčecí úhel, tedy úhel mezi pájkou a pájeným povrchem,

je malý nebo blížíci se nule. Výborné smáčení vykazují spoje se smáčecími úhly pod 20° a díky tomu vytvořeným konkávním meniskem. Naopak za zcela nevyhovující smáčení se považují stavy, kdy pájka nesmáčí část pájeného povrchu, úhel je větší než 90° a pájka přesahuje přes okraj pájecí plošky nebo nepájivé masky [2],[18].



Obr. 11 – Smáčivost pájky BGA pouzdra a SMD součástky.
a) vyhovující b) nevyhovující [2]

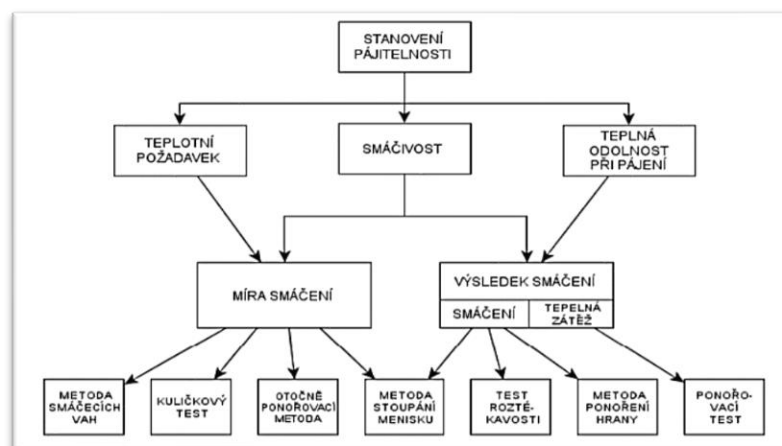
3.2 Metody testování pájitelnosti

Abychom zajistili kvalitu pájeného výrobku a eliminovali negativní vlivy na výslednou jakost pájených spojů, je třeba předtím otestovat pájitelnost daných součástek požadovanou slitinou v kombinaci s tavidlem. Metody lze rozdělit do dvou hlavních skupin. Jedna skupina zkoušek pájitelnosti odhaduje, do jaké míry bude pájitelnost součástek ve výrobě kvalitní, zatímco druhá skupina se zaměřuje na výrobní procesy a materiály vývodů. Jiné dělení testování pájitelnosti dělí zkoušky na kvalitativní a kvantitativní. Kvantitativní metody testování slouží ke zkoumání fyzikálních vlastností při smáčení, kdežto kvalitativní se především zaměřují na vizuální kontrolu (např. ponořovací test) [19].

Dále podle druhu měření se metody rozdělují na [20]:

- měření nerovnovážných situací, vyšetřující míru smáčení
- měření konečného výsledku smáčecího procesu, vyšetřující celkový stupeň dosažený smáčením

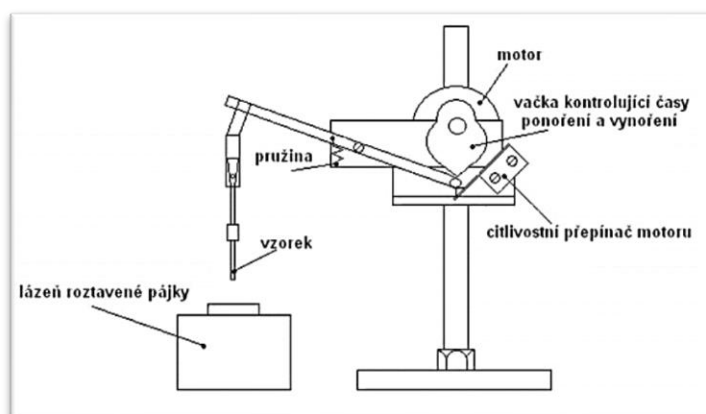
Metody testování, při kterých zkoumáme míru smáčení, nám dávají velmi přesné a kvantitativní výsledky. Nevýhodou je však jejich finanční náročnost a také zpravidla zdoluhavý proces testování. Pokud je požadováno rychlejšího stanovení pájitelnosti, jsou preferovány metody vyšetřující celkový stupeň dosažený smáčením. Avšak u těchto testů je přesnost výsledku snížena na úkor jejich rychlosti [20].



Obr. 12 – Diagram zobrazující metody testování pájitelnosti [20].

3.2.1 Ponořovací metody

Ponořovací metody jsou nejrychlejšími a nejjednoduššími metodami testování pájitelnosti. Řadíme mezi ně metodu ponoření hrany a ponořovací test. Obě tyto metody fungují na stejném principu, kdy se vzorek ponoří na určitý časový interval do lázně s roztavenou pájkou. Tento postup lze provést ručně, ale často je preferováno použití ponořovacího zařízení s nastavitelnou rychlostí ponoru. Po vytažení prvku z lázně je pouze vizuálně zhodnocena úroveň pájitelnosti. Test je tedy silně závislý na subjektivním vyhodnocení prováděném pověřeným pracovníkem a z tohoto důvodu není příliš přesný [20].



Obr. 13 – Ponořovací zařízení s nastavitelnou rychlostí ponoru [20].

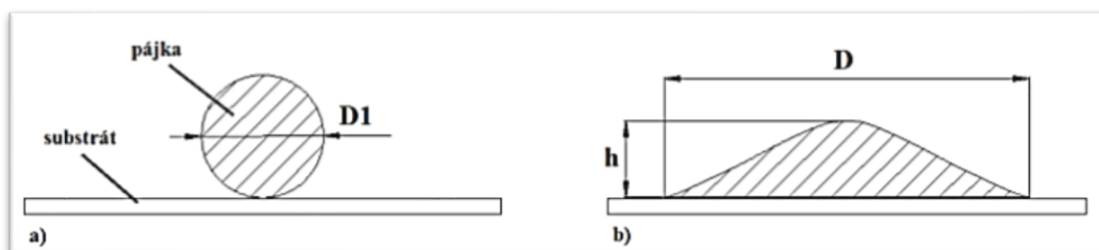
3.2.2 Test roztékavosti

Test roztékavosti je využíván jak v laboratorních podmínkách, tak ve výrobě. Princip spočívá v nanesení definovaného množství pájky na pájecí plošku očištěnou tavidly od povrchových oxidů. Dále je pájka roztavena a zkoumáme výšku a plochu, po které se pájka roztekla. Totéž lze provést s pájecí pastou, kdy se na pájecí plošku

nanese definované množství pasty a poté se přetaví. Čím je roztékání pájky po povrchu větší, tím dosahujeme lepšího smáčení pájeného substrátu. Pomocí této metody lze testovat i účinky odlišného složení pájek, aktivitu tavidel a vlivy různých povrchových úprav pájecích plošek na DPS [2],[20].

Výsledek testu roztékavosti se často vyjadřuje pomocí poměrné smáčivosti S . Pokud h je výška a D známý průměr hypotetické kuličky pájky, potom platí vztah [9]:

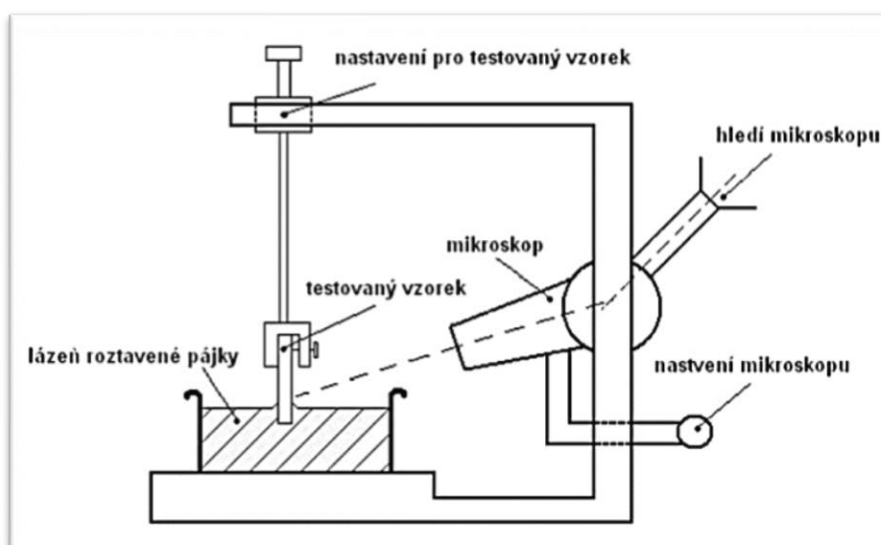
$$S_{\%} = \frac{D - h}{D} 100\% \quad (1)$$



Obr. 14 – Test roztékavosti pájky [20].

3.2.3 Metoda stoupání menisku

Princip metody stoupání menisku spočívá ve svislém ponoření vývodu pájené součástky do lázně s roztavenou pájkou. Pokud začne docházet ke smáčení, pájka stoupá po okraji vývodu směrem vzhůru a vytváří tzv. meniskus. V předem určeném čase je tento nárůst (tzv. elevace) měřen mikroskopem, který je součástí přístroje zvaného meniskometr [20].



Obr. 15 – Meniskometr [20].

Z výšky elevace lze matematicky získat smáčecí úhel θ . Hodnota smáčecího úhlu potom odpovídá určité úrovni smáčení. Například pokud byl vzorek ponořen po dobu 4 sekund do pájecí lázně, platí pro jeho smáčecí úhel následující [20]:

$0^\circ < \theta < 10^\circ \Rightarrow$ dokonalé smáčení

$10^\circ < \theta < 20^\circ \Rightarrow$ výborné smáčení

$20^\circ < \theta < 30^\circ \Rightarrow$ velmi dobré smáčení

$30^\circ < \theta < 40^\circ \Rightarrow$ dobré smáčení

$40^\circ < \theta < 55^\circ \Rightarrow$ postačující smáčení

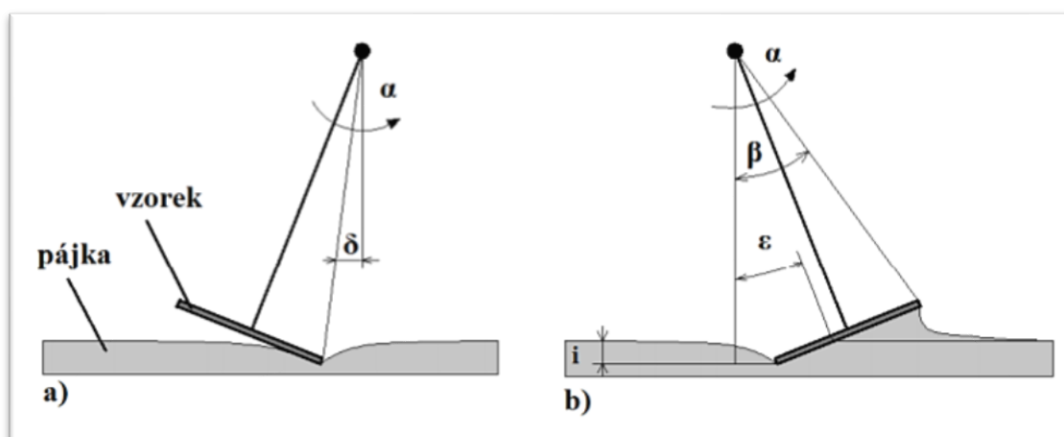
$55^\circ < \theta < 70^\circ \Rightarrow$ špatné smáčení

$70^\circ < \theta \Rightarrow$ velmi špatné smáčení

Vzestup menisků a smáčecí úhel je taktéž možné měřit pomocí laserového paprsku, kdy je laser namířený na roztavenou pájku v blízkosti ponořeného vývodu. Paprsek laserového světla je poté odražen v závislosti na výšce vystoupaného menisku [20].

3.2.4 Otočně-ponořovací metoda

Otočně-ponořovací metoda je metodou používanou pro testování smáčitelnosti rovných povrchů, např. DPS simulující technologii pájení vlnou. Princip spočívá v otočném rameni, na kterém je upevněn testovaný prvek. Celý systém rotuje kolem horizontální osy, kdy se během rotace proti směru hodinových ručiček vzorek dostane na určitý čas do kontaktu s roztavenou pájkou. Tento proces nahrazuje vlnu roztavené pájky, která smáčí osazenou DPS při pájení vlnou. Dobu, po kterou bude prvek s pájkou v kontaktu, je možné upravovat délkou ramene, změnou rotace ramene, či přerušením otáčení v okamžiku kontaktu [20],[21].



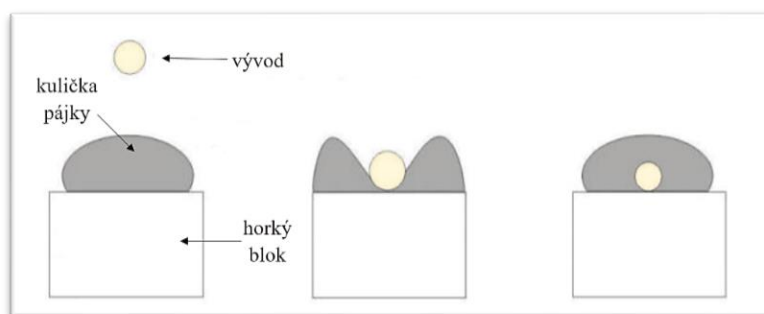
Obr. 16 – Realizace otočně-ponořovací metody testování pájitelnosti [20].

Na Obr. 16 je znázorněn směr rotačního pohybu α . Dále celkový opsaný oblouk je dán součtem $\delta + \beta$. Součástí celého systému je i jehla z nesmáčivého materiálu, která opisuje stejnou trajektorii jako testovaný vzorek. Pomocí této jehly opisující zároveň úhel 2ε se potom měří jmenovitá časová perioda kontaktu pájky a vzorku, která je dána podílem $\frac{\delta + \beta}{2\varepsilon}$. Důležité je také umístění jehly v dostatečně velké vzdálenosti od testovaného vzorku, aby nedocházelo k ovlivňování pájecího procesu [20].

Tato metoda testování, stejně jako obě ponořovací metody, je velmi subjektivní, neboť spočívá ve vizuální kontrole po skončení procesu. Testované vzorky jsou poté často hodnoceny na škále 1–10, kde 10 značí „dobrou“ smáčivost a 1 nesmáčení, případně odsmáčení [21].

3.2.5 Kuličkový test

Tato metoda je nejstarší metodou testování smáčivosti vyvinutá zejména pro THD součástky. Z důvodu existence metody na podobném principu – metody smáčecích vah, která poskytuje kvalitnější výsledky, je kuličkový test používán spíše v menším rozsahu. Celý test začíná vložení vývodu ošetřeného tavidlem do roztavené kuličky pájecí slitiny na vrcholu horkého bloku. V prvním okamžiku dojde k rozdělení pájky na dvě části, avšak vlivem smáčení dochází následně ke spojování pájky zpět do kuličky kolem vývodu. Podstata kuličkového testu tkví v měření doby od prvního kontaktu kuličky pájky s vývodem součástky, přes obtékání kolem něj až po zpětné spojení pájky nad vývodem. Pomocí změřeného času je na závěr určen stupeň smáčení [20],[21],[22].

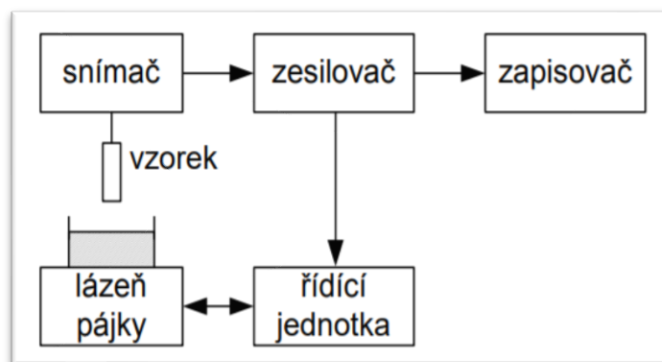


Obr. 17 – Kuličkový test (upraveno podle [19],[20]).

3.2.6 Metoda smáčecích vah

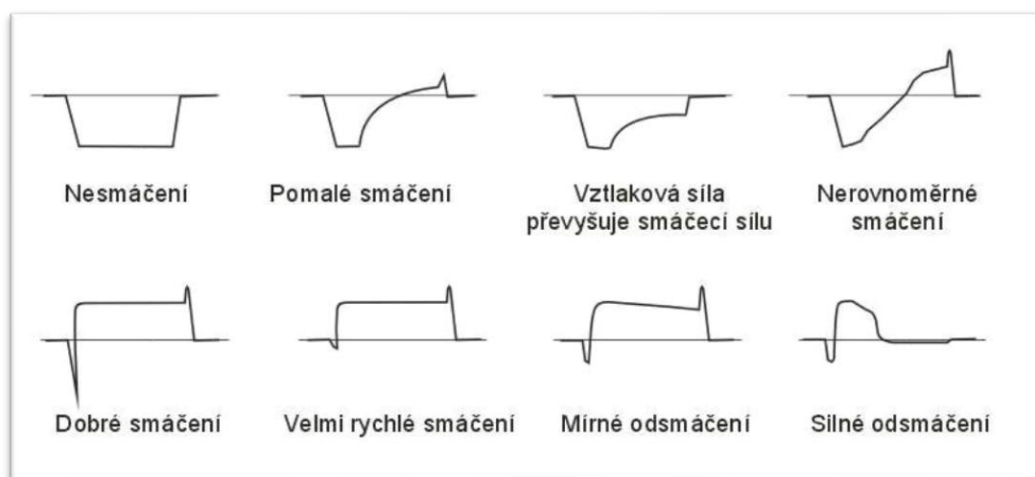
Metoda smáčecích vah je kvantitativním a velmi přesným testem měření nejen smáčení povrchu, ale lze pomocí ní testovat i pájitelnost např. vývodů součástek v závislosti na použitém tavidle. Pracuje na podobném principu jako kuličkový test,

ale touto metodou dosahujeme výrazně přesnějších výsledků. Přístroj používaný touto metodou pro měření smáčecí síly v závislosti na čase se nazývá meniskograf [9],[22].



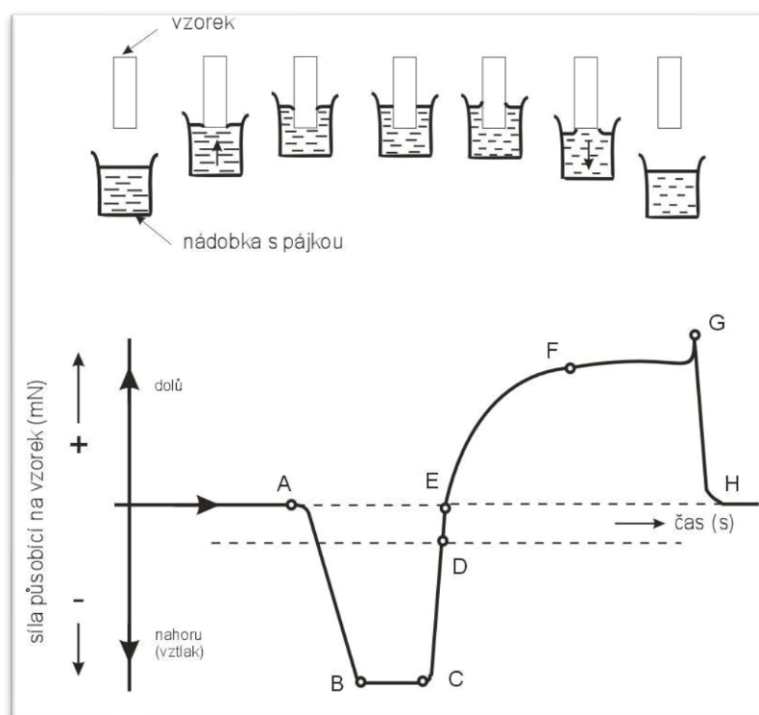
Obr. 18 – Zařízení na testování pájitelnosti metodou smáčecích vah [12].

Celý proces začíná upevněním testovaného vzorku na citlivé váhy (siloměr), které jsou umístěny nad nádobou s roztavenou pájecí slitinou. Teplota pájecí slitiny se udržuje po celou dobu konstantní. Nádoba s lázní se pomocí krokového motoru pohybuje konstantní rychlostí nahoru směrem ke zkoumanému prvku. U vodivých komponentů dojde v okamžiku styku pájecí slitiny se vzorkem k uzavření elektrického okruhu, čímž je zaznamenán ponor do lázně a zajištěna nastavená maximální hloubka ponoru. Pokud je vzorek z nevodivého materiálu, používá se pomocného vodivého drátu, aby bylo možné vyslat signál počátku styku vzorku s pájecí lázní. Dále zůstává vzorek v dané hloubce po stanovený čas ponořen ve slitině. Po uplynutí této doby se nádoba s lázní opět pohybuje směrem dolů a tím je vzorek vytahován. Po celou dobu na vzorek působí síla v důsledku vztlaku a povrchového napětí. Výslednou sílu zaznamenává převodník, který ji přeměňuje na nepřetržitě zaznamenávaný elektrický signál. Tento signál je následně odesílán do počítače, kde se zobrazí jako funkce závislosti síly na čase, tzv. smáčecí křivka [9],[21],[22].



Obr. 19 – Příklad různých typických průběhů časové závislosti smáčecí síly [23].

Obr. 20 znázorňuje časový průběh smáčecí síly, která působí na vzorek válcového tvaru. V bodě A dochází k prvotnímu styku vzorku s roztavenou pájkou. V tomto okamžiku není teplota vzorku ještě dostatečně vysoká na to, aby mohlo dojít ke smáčení. Smáčecí úhel je větší než 90° a na pájený vzorek působí velká vztlaková síla, která má v tomto okamžiku stejný směr jako povrchové napětí. Sklon křivky mezi body A a B je potom ovlivňován rychlostí, jakou je pájený prvek ponořován do nádoby s pájkou. V bodě C nastává počátek smáčení, smáčecí úhel se postupně zmenšuje, čímž dochází ke změně působení sil. Čím více pájka smáčí pájený prvek, tím větší silou je vzorek vtahován do lázně a tím větší sílu je třeba vyvinout na jeho vytažení. Doba mezi body B a C je dána tepelnou kapacitou vzorku a rychlostí přestupu tepla mezi pájkou a vzorkem. V bodě D svírá hladina roztavené pájky s pájeným prvkem 90° a smáčecí síla je v rovnováze se silou vztlakovou. Tuto sílu lze vypočítat pomocí rozměrů vzorku, hloubky ponoru a měrné hmotnosti pájky. Rychlost smáčení potom určuje časový průběh smáčecí síly mezi body C a F a hraje významnou roli při stanovování kvality smáčivosti. Na závěr dochází v bodě G ke konečnému vytažení vzorku z roztavené pájky [10],[24].



Obr. 20 – Časový průběh smáčecí síly [23].

4 Praktická část

4.1 Popis použitých pomůcek a zařízení

4.1.1 Materiál pájených vzorků

Pájenými vzorky byly nastříhané 2 cm měděné drátky o průměru 1,5 mm. Před nastříháním byl celý drát očištěn a odmaštěn isopropylalkoholem.

4.1.2 Pájecí slitiny

Jak jsem již zmínila na začátku této práce, v současné době je kvůli směrnici RoHS využívání olova pro pájení zakázané. Velmi spolehlivé a osvědčené olovo je tedy třeba nahrazovat jinou látkou. Jednou z využívaných možností v bezolovnatých pájkách je bismut. Zatímco teplota tání u většiny bezolovnatých pájek dosahuje hodnot přes 200 °C, bismut ve slitině s cínem výrazně snižuje bod tání. Díky tomu jsou bismut-cínové slitiny vhodné i pro pájení součástek citlivých na tepelné zatížení [25].

Pro měření jsem vybrala následující slitiny:

- **Bi58Sn42**
- **Bi58Sn42P**
- **Bi59Sn40Ga1**
- **Bi59Sn40Ga1P**
- **Bi57Sn40Ga3**
- **Bi57Sn40Ga3P**

Pájka Bi58Sn42 dosahuje velmi nízkého bodu tání a to kolem 140 °C. Jedná se o tzv. eutektickou slitinu, kdy téměř okamžitě dochází k přechodu z pevné fáze do kapalné a naopak. Obě složky slitiny pak mají podobné teploty tavení. Dále jsem zkoumala, jak se změní vlastnosti pájky a pájeného spoje po přidání gallia a fosforu. Ještě před samotným měřením jsem si všimla, že v pevném skupenství je slitina s přidaným galliem křehčí než eutektická slitina [26].

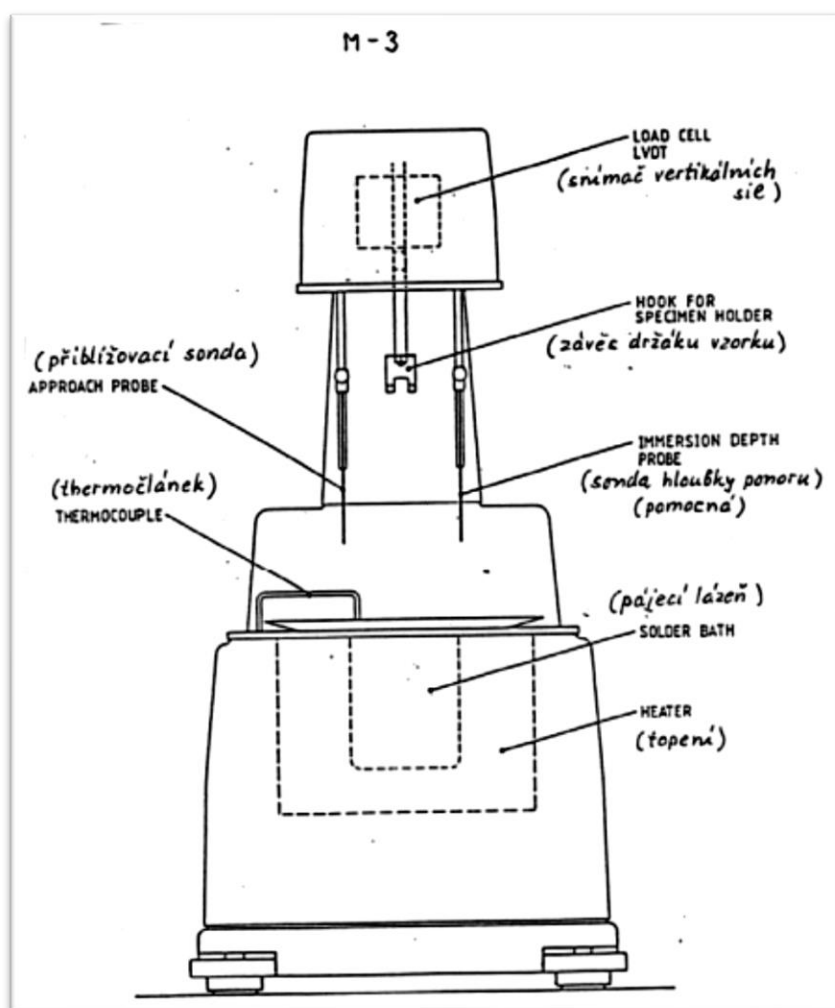
4.1.3 Tavidla

Dále mě zajímalo, jaký vliv má výběr tavidla na výsledný pájený spoj a jak tavidla ovlivňují smáčení materiálu. Tavidla jsem vybrala dvě:

- **F1** – viskózní pájecí kapalina na bázi kalafuny. Tavidlo je vhodné pro měkké pájení zejména pájkou SnPb. Obsahuje organické aktivátory [27].
- **Neutrální** pájecí kapalina – silně aktivovaná, a tedy chemicky agresivní. Z tohoto důvodu je třeba výsledný pájený spoj důkladně očistit od zbytků tavidla, aby nedošlo ke korozi zapájeného spoje. Očištění lze provést isopropylalkoholem, ethanolem, či vodou [28].

4.1.4 Meniskograf

Detailní princip funkčnosti meniskografu je popsán výše v kapitole 3.2.6 Metoda smáčecích vah.



Obr. 21 – Návrh meniskografu [24].

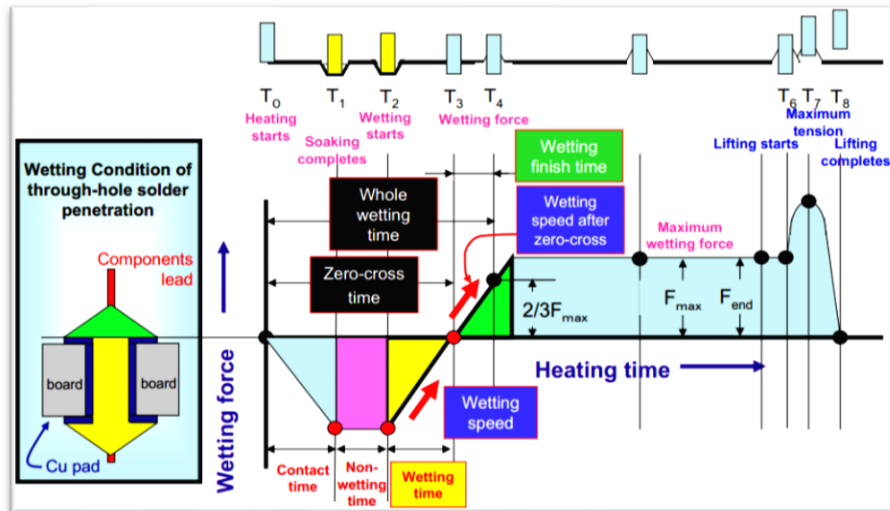
4.2 Postup měření

Vybranou pájku rozehřejeme v kelímku k tomu určeném na požadovanou teplotu, čímž vytvoříme horkou lázeň pájecí slitiny. Připravený vzorek uchytíme do držáku a nanese tavidlo. Přebytek tavidla necháme okapat nad filtračním papírem a takto očištěný vzorek opatrně zavěsíme na siloměr nad horkou lázeň. Dále necháme pájený prvek přibližně třičtvrtě minuty nad roztavenou pájkou, čímž dojde k odpaření rozpouštědel obsažených v tavidle a zvýšení kvality výsledného pájeného spoje. Nakonec je třeba pomocí teflonové trubičky odstranit povrchové oxidy z hladiny horké lázně a měření může být zahájeno. Spuštěním meniskografu se nastavenou rychlostí pohybuje lázeň směrem nahoru, dojde k ponoření vzorku do požadované hloubky, po určitý čas meniskograf v této fázi setrvá a následně je vzorek stejnou rychlostí z roztavené pájky vytahován. Zkoušku jsem prováděla pro každou kombinaci pájky a tavidla přibližně 7x a výsledné průběhy jsem na závěr zprůměrovala a vyhodnotila.

Nastavení meniskografu:

Teplota lázně	200 °C
Rychlost ponoru	5 mm/s
Hloubka ponoru	5 mm
Celkový čas měření	20 s

Vyhodnocení dat jsem prováděla z několika hledisek. Prvním hlediskem byla $2/3$ maximální smáčecí síla $2/3F_{\max}$, dalším parametrem byl čas, během kterého dojde k přechodu od nesmáčení vzorku k jeho smáčení, tzv. zero-cross time $t_{\text{zero-cross}}$. Dále jsem zjišťovala čas od prvního kontaktu vzorku s pájkou po nárůst smáčecí síly na hodnotu $2/3F_{\max}$, tzv. celkový čas smáčení t_{whole} (whole wetting time) a na závěr mě zajímal čas t_{speed} od počátku smáčení po nárůst smáčecí síly na $2/3F_{\max}$ (součet časů wetting time a wetting finish time), který udává rychlost smáčení. Všechna tato data slouží k vyhodnocení vlivu gallia a fosforu u měřených slitin a k posouzení, jak moc je měření ovlivněno výběrem tavidla.

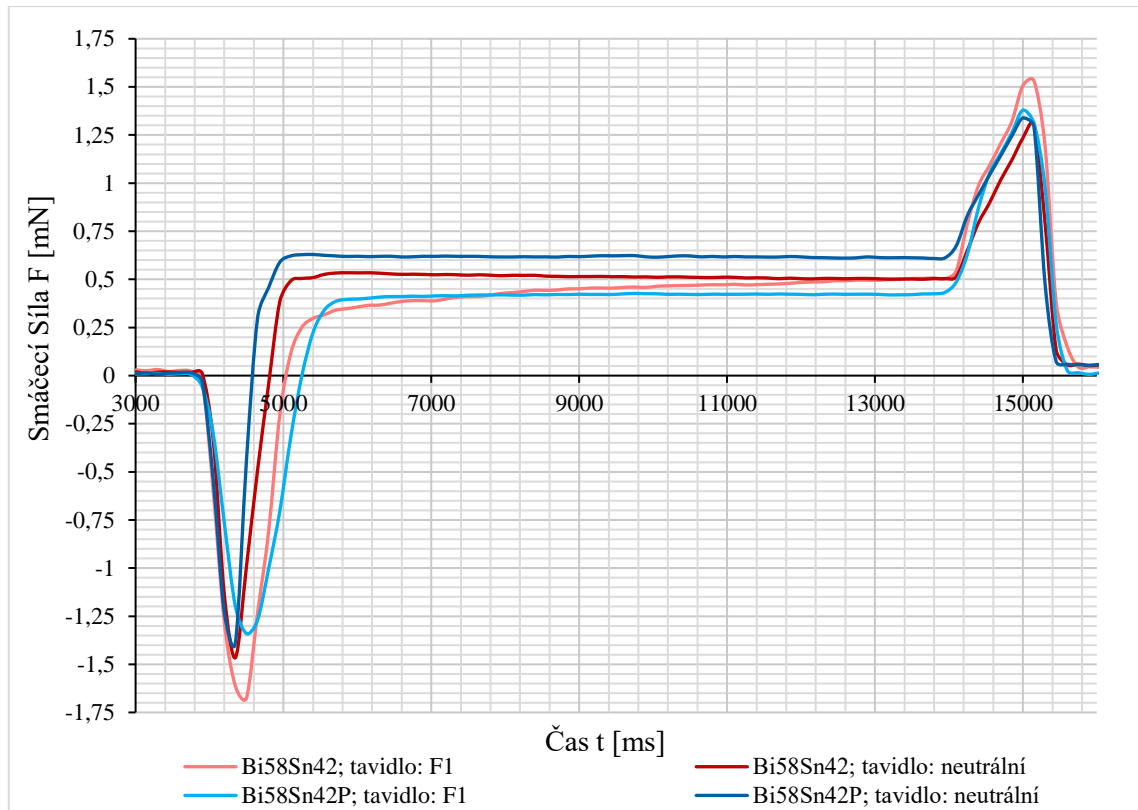


Obr. 22 – Rozbor křivky smáčecí síly [29].

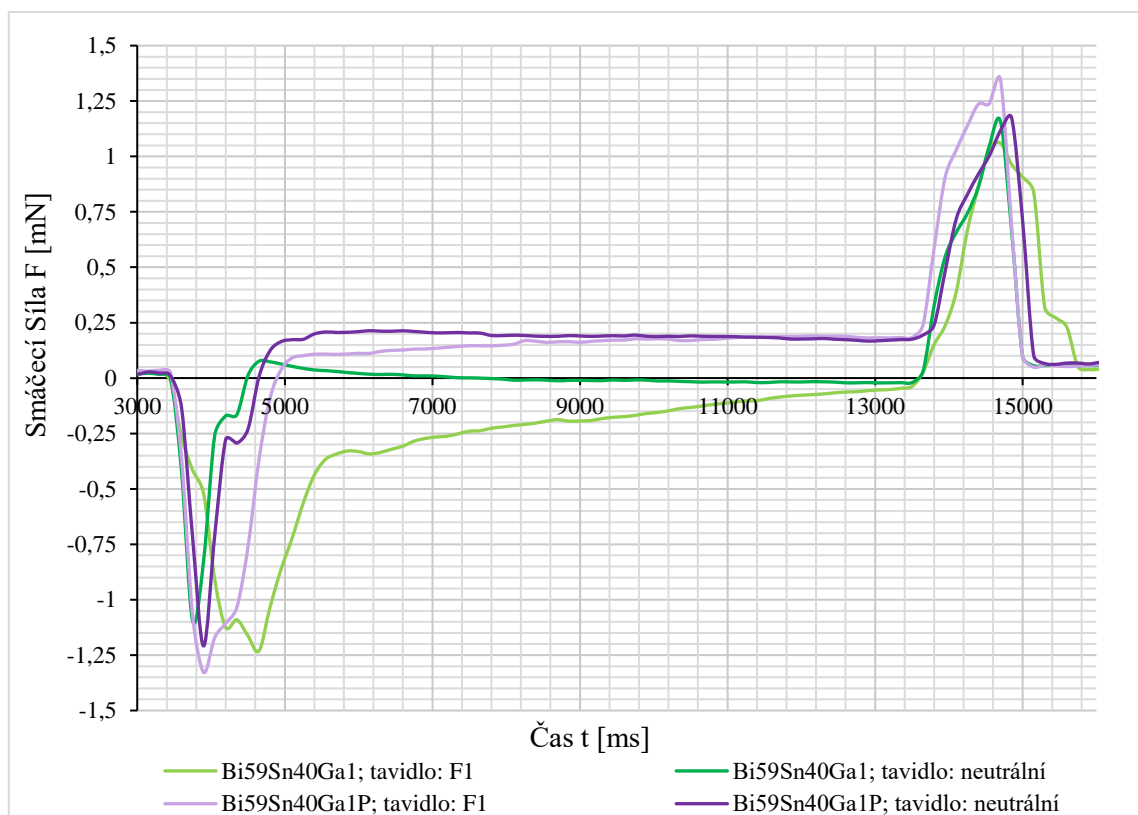
4.3 Naměřené hodnoty

Tabulka 4 – Naměřené hodnoty z meniskografu.

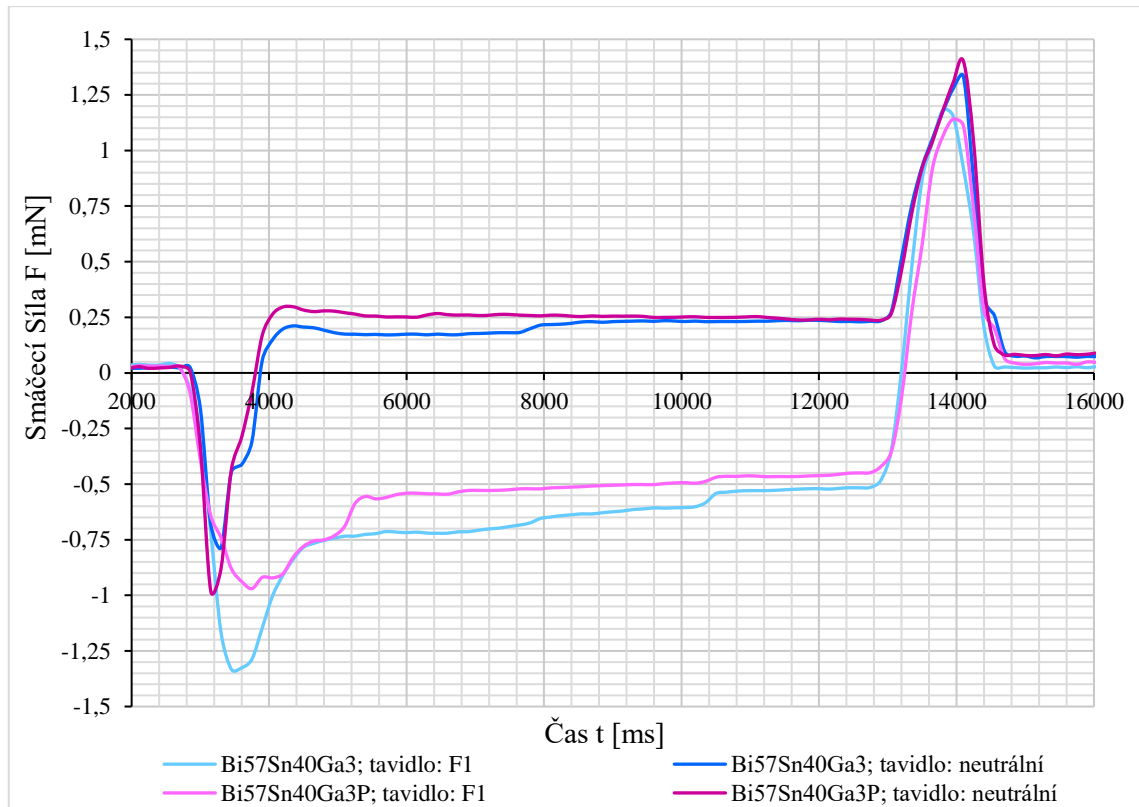
Pájecí slitina	Tavidlo	F_{\max} [mN]	$2/3F_{\max}$ [mN]	$t_{\text{zero-cross}}$ [ms]	t_{whole} [ms]	t_{speed} [ms]
Bi58Sn42	F1	0,493	0,329	1 204	1 884	1 131
	neutrální	0,534	0,356	971	1 030	591
Bi58Sn42P	F1	0,427	0,284	1 386	1 567	979
	neutrální	0,629	0,419	771	938	414
Bi59Sn40Ga1	F1	-0,177	-0,528	---	2 209	642
	neutrální	0,0759	0,0506	937	1 121	841
BiSn40Ga1P	F1	0,177	0,118	1 285	2 858	2 363
	neutrální	0,214	0,142	1 291	1 572	970
Bi57Sn40Ga3	F1	-0,690	-0,904	---	1 225	716
	neutrální	0,235	0,157	931	1 059	774
BiSn40Ga3P	F1	-0,513	-0,665	---	2 610	1 385
	neutrální	0,283	0,189	1 001	1 127	781



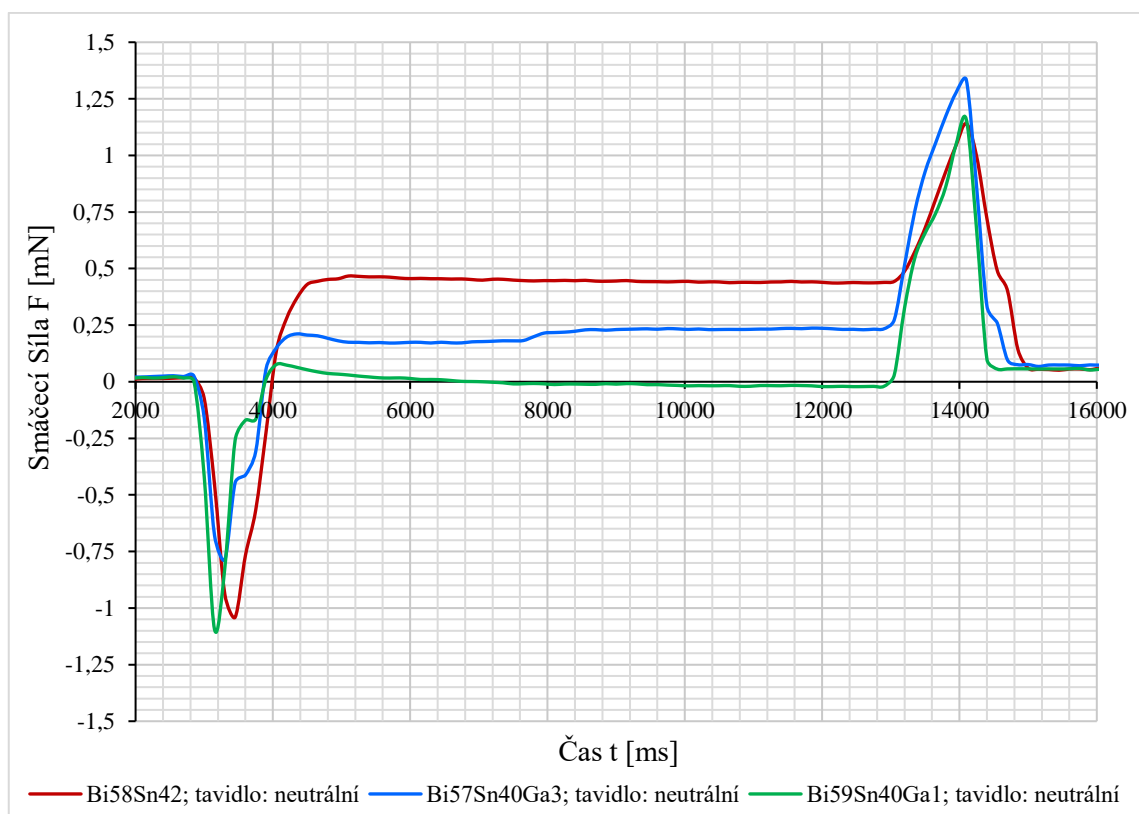
Graf 1 – Porovnání smáčecích sil u slitin Bi58Sn42 a Bi58Sn42P v závislosti na použitém tavidle.



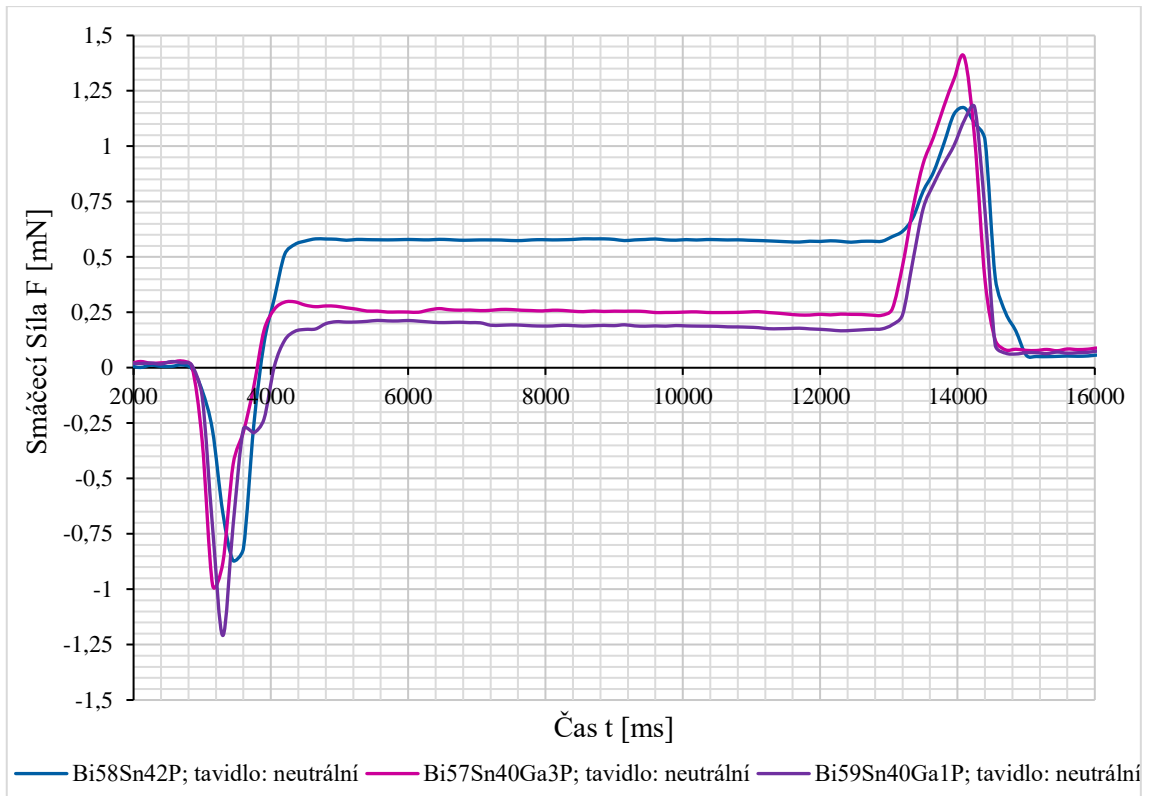
Graf 2 – Porovnání smáčecích sil u slitin Bi59Sn40Ga1 a Bi59Sn40Ga1P v závislosti na použitém tavidle.



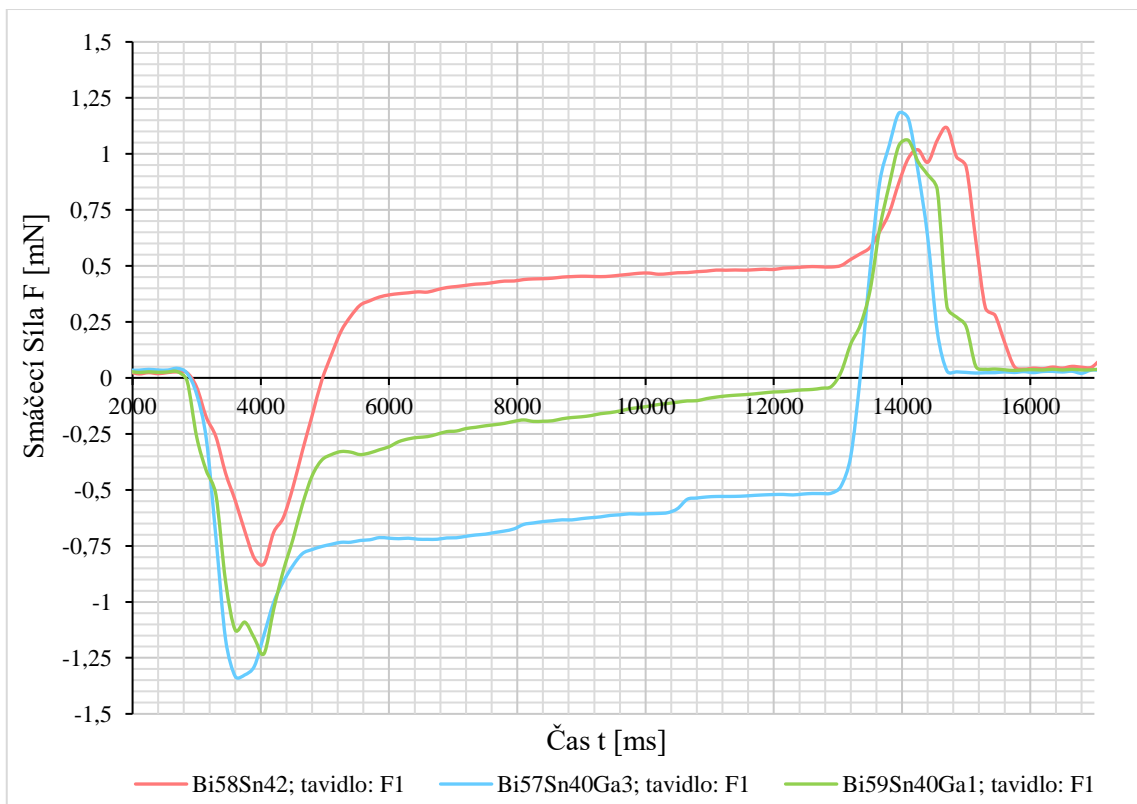
Graf 3 – Porovnání smáčecích sil u slitin Bi57Sn40Ga3 a Bi57Sn40Ga3P v závislosti na použitém tavidle.



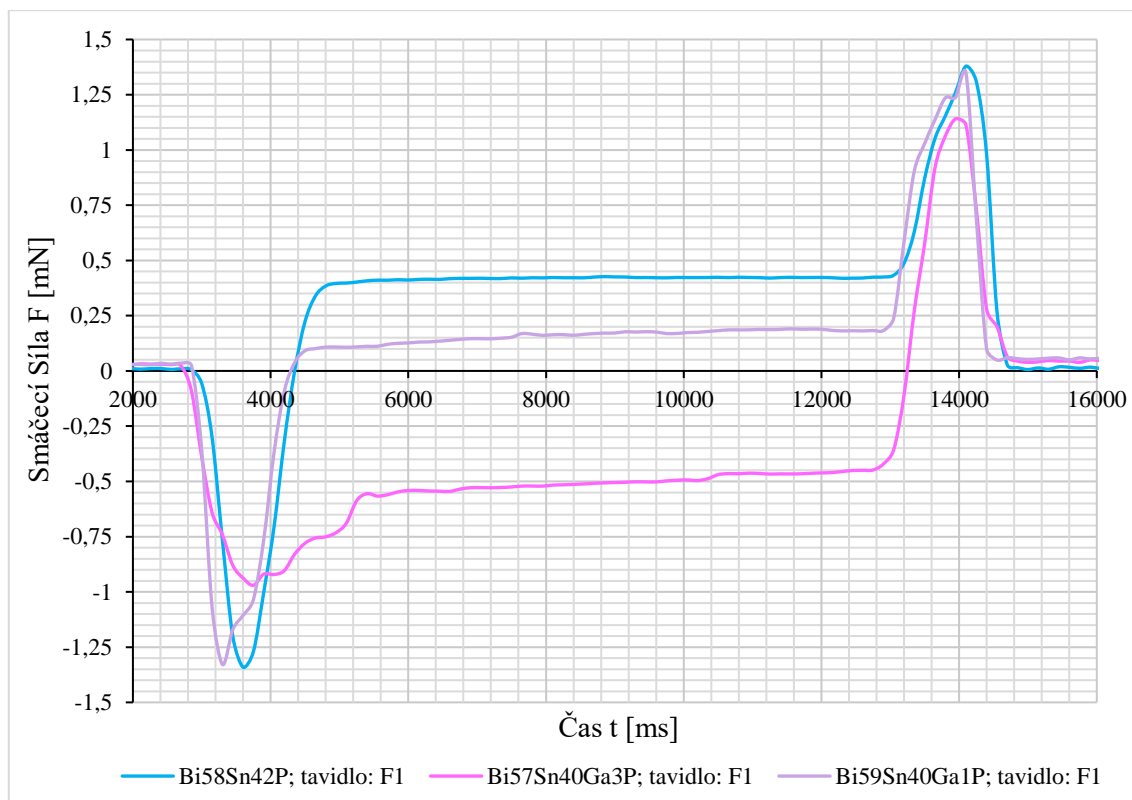
Graf 4 – Vliv gallia u slitin bez fosforu v kombinaci s neutrálním tavidlem.



Graf 5 – Vliv gallia u slitin s fosforem v kombinaci s neutrálním tavidlem.



Graf 6 – Vliv gallia u slitin bez fosforu v kombinaci s tavidlem F1.



Graf 7 – Vliv gallia u slitin s fosforem v kombinaci s tavidlem F1.

4.4 Vyhodnocení naměřených hodnot

Podíváme-li se na Tabulku 4, je zřejmé, že hodnoty jsou velmi závislé na použitém tavidle. Agresivnější tavidlo, kterým byla neutrální pájecí kapalina, ve většině případů smáčení urychluje. Výjimkou je slitina Bi57Sn40Ga3, kde však v kombinaci s tavidlem F1 ke smáčení vůbec nedošlo, proto hodnota t_{speed} není příliš porovnatelná s hodnotou naměřenou při použití neutrálního tavidla. Na časy smáčení má vliv také prskání tavidla, které bylo i přes očištění pájených vzorků častým jevem při provádění experimentu. V grafech je to patrné na náhlém zvlnění smáčecí křivky v oblasti přechodu od nesmáčení vzorku k jeho smáčení (v oblasti času $t_{\text{zero-cross}}$).

Při pohledu na všechny zkoumané časy vychází eutektická pájka s příměsí fosforu (Bi58Sn42P) s použitím neutrálního tavidla jako nejlepší. Následuje Bi58Sn42. Co se týče pájek s galliem, zde vykazuje velmi dobré smáčecí časy kombinace Bi57Sn40Ga3 s neutrálním tavidlem. Pokud se ale podíváme na Grafu 3 na tmavě modrou křivku, tak vidíme, že po smočení vzorku došlo k mírnému odsmačení, které se projevilo lehkým poklesem smáčecí síly.

Co se týče vlivu gallia na měřené hodnoty, výsledky nejsou jednoznačné a velmi závislé na zvoleném tavidle. Zatímco na časy smáčení nemá gallium příliš velký vliv,

markantní rozdíl se projevil ve velikosti smáčecí síly. Při použití neutrálního tavidla se situace s vyšším procentuálním zastoupením gallia zlepšuje, maximální smáčecí síla tedy roste. V Grafu 4 je na první pohled vidět rozdíl mezi slitinami Bi59Sn40Ga1 a Bi57Sn40Ga3. Zelená křivka znázorňující slitinu s 1%* zastoupením gallia vykazuje špatné smáčení, respektive nesmáčení. Pájka sice vzorek nejprve smáčela, ale poté došlo k odsmáčení a opětovnému poklesu smáčecí síly až ji vztlaková síla převýšila. To se projevilo zápornou hodnotou smáčecí síly F . U modré křivky, která vykresluje průběh pro slitinu s 3%* gallia, můžeme pozorovat znatelné zlepšení. I přes lehké odsmáčení je velikost smáčecí síly přijatelná. Podobný trend vykazují i pájky s přidaným čtvrtým prvkem, fosforem, v kombinaci s neutrálním tavidlem (Graf 5). Rozdíl je pouze v tom, že zde můžeme ve všech případech hovořit o uspokojivém smáčení. Jiná situace však nastává při použití tavidla F1. Nejen, že s vyšším zastoupením gallia se smáčení zhoršuje, ale pouze v jednom jediném případě došlo ke smáčení vzorku, a to u slitiny Bi59Sn40Ga1P. Při pohledu na všechny naměřené hodnoty a výše zobrazené grafy je patrné, že přidání gallia do eutektické slitiny způsobí při použití tavidla F1 celkové zhoršení smáčení.

Dalším zkoumaným hlediskem je vliv fosforu na smáčitelnost. V kombinaci s neutrálním tavidlem dosahují vzorky lepšího smáčení u eutektické slitiny s přidaným fosforem oproti slitině bez tohoto prvku. Při použití tavidla F1 jsou křivky velmi podobné, avšak u Bi58Sn42P dosahuje smáčecí síla svého maxima o něco rychleji (Graf 1). Na druhou stranu, čisté eutektikum Bi58Sn42 vykazuje rychlejší přechod ze stavu nesmáčení vzorku do jeho smáčení, tj. kratší zero-cross time $t_{\text{zero-cross}}$ a zároveň hodnota maximální smáčecí síly F_{max} dosahuje trochu vyšší hodnoty. U slitiny s 1%* gallia, fosfor jednoznačně smáčení zlepšuje. Nejlépe je to vidět na Grafu 2, kde u fialových křivek zobrazujících slitiny s fosforem došlo ke smáčení pájených vzorků, kdežto zelené křivky naopak znázorňují velmi špatné smáčení, spíše nesmáčení. Z Grafu 3 je taktéž patrné, že i v případě slitin s 3%* gallia jsme přidáním fosforu dosáhli zlepšení. Při použití tavidla F1 sice ke smáčení vůbec nedošlo, ale to ani u slitiny bez přidaného fosforu. V kombinaci s neutrálním tavidlem je v obou případech (Bi57Sn40Ga3 a Bi57Sn40Ga3P) možné po smočení vzorku pozorovat jeho lehké odsmáčení. Z výše uvedeného vyplývá, že z hlediska vlivu fosforu je možné stanovit jasný závěr. Jeho přidáním do slitin dosáhneme výrazně lepšího smáčení, a to bez ohledu na použité tavidlo.

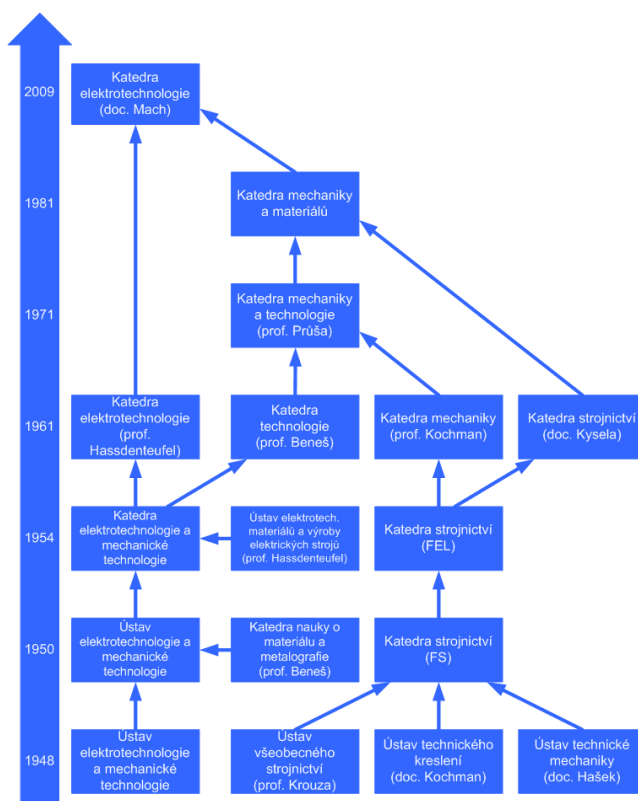
* jedná se o hmotnostní procenta, nikoliv objemová

5 Ekonomická část

Pokud se podíváme na různé přístupy managementu k uplatnění v tržní ekonomice v průběhu několika desítek až stovek let tak zjistíme, že dříve se výrobci dívali na spotřebitele z různých hledisek. Existovaly výrobkové, výrobní, či prodejní marketingové koncepce. Každá z nich měla odlišný způsob dosažení požadovaných cílů, jedno však měly společné – středem pozornosti byly výrobky. V dnešní době se však role zákazníka změnila a výrobci se více soustředí na jeho potřeby. Mluvíme potom o tzv. marketingové koncepci, kdy cílem nejsou pouze tržby a zisk podle objemu výroby, ale jde zejména o uspokojení požadavků zákazníka. To vede ke zkoumání nových technologií a k inovacím, které jsou zdrojem konkurenčního boje a boje o prvenství na trhu. Ale ne všechno „nové“ musí být dostatečně atraktivní pro spotřebitele, proto konkurenční výhodu nemá jen ten, kdo přijde s něčím novým na trh jako první, ale je třeba přijít s něčím, co se v určitém směru vyjímá více než ostatní produkty [30],[31].

5.1 Představení „společnosti“ (katedra elektrotechnologie)

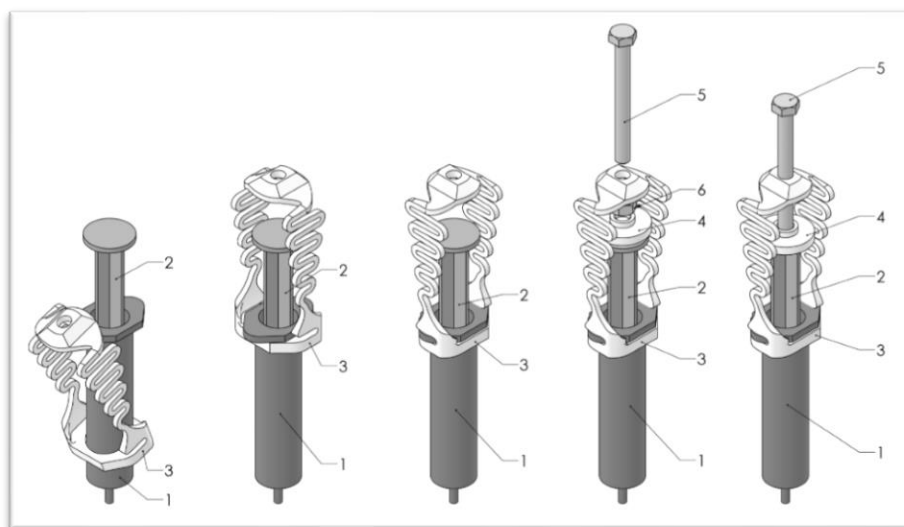
Katedra elektrotechnologie je jednou z kateder fakulty elektrotechnické Českého vysokého učení technického v Praze. Do podoby, jakou známe dnes, se dostala v roce 2009 sloučením tehdejší katedry elektrotechnologie z 60. let 20. století a zaniklé katedry mechaniky a materiálů. Katedra patří pod silnoprůdové katedry FEL. V současné době se zabývá tématy v oblasti materiálů, diagnostiky pro elektrotechnickou výrobu, dále v oblasti technologických procesů aj. Ve výzkumu úzce spolupracuje také s průmyslem [32].



Obr. 23 – Postupný vývoj katedry do současné podoby [32].

5.2 Představení výrobku – ruční dávkovač pastovitých látek

Jak jsem již zmínila v kapitole o pájecích pastách, jednou z možností dávkování pájecích past je nanášení pomocí ručního dávkovače (dispenseru). Ruční dávkovač pastovitých látek vyvinutý na katedře elektrotechnologie FEL ČVUT umožňuje kontinuální vytlačování dané látky ze zásobníku, a to bez nutnosti neustálé interakce člověka se systémem pro dávkování. Pomocí šroubu lze nastavit rychlost vytlačování pasty a následně dochází k pomalu se snižující rychlosti jejího vytlačování. V případě snížení či zvýšení rychlosti je třeba opětovné interakce s dávkovačem [33].



Obr. 24 – Schématické znázornění kompletace dávkovače; 1 – zásobník, 2 – píst, 3 – tělo dávkovače s integrovaným pružinovým systémem, 4 – podložka pod šroub, 5 – šroub, 6 – matka [33].

Princip tohoto ručního dispenseru spočívá ve vytlačování pasty ze zásobníku s pístem, tvarově podobného injekční stříkačce. Výstupní otvor zásobníku, na který se ještě zpravidla nasazuje jehla, má malý průřez, který při dávkování zajišťuje prakticky zanedbatelný pohyb pístu. Matka se upevňuje zacvaknutím pod horní část těla dávkovače. Mezi píst a šroub je možné vložit podložku a tím lépe zafixovat šroub k pístu. Utahováním šroubu je potom vyvolána síla, která působí na píst. Pro větší komfort otáčení šroubu se zpravidla na šroub nasazuje ještě plastový „motýlek“. Díky tomu, že pružinový systém těla dávkovače vyvolává takřka konstantní tlak, dochází k téměř rovnoměrnému nanášení pasty [33].

Velikou výhodou navrhovaného dávkovače jsou jeho malé rozměry a malý počet komponent, ze kterých je produkt složen. Dalším přínosem tohoto řešení je rychlost nanášení a tím zkrácení doby celého procesu až o 30 %. V neposlední řadě jsou to také nízké výrobní náklady, které se pohybují kolem 35 Kč, neboť komponenty jsou tisknuté na 3D tiskárně [33].

5.3 Externí analýza

5.3.1 Analýza trhu s ručními dávkovači

Prvním krokem při analýze je samotná definice námi zkoumaného trhu. V našem případě se bavíme o trhu s ručními dávkovači pastovitých látek v České republice. Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.1.1.1 Nanášení pájecích past, existuje mnoho druhů ručních dávkovačů. Některé jsou pro konečné spotřebitele snadněji použitelné, jiné hůře. Existují taktéž i profesionálnější dávkovače s kompresorem. Jejich nevýhodou je ale přívod vzduchu, kdy dochází často k jeho ucpaní. Z tohoto důvodu je snaha používat dávkovače s krokovým motorem. Toto je ale všechno velmi drahé pro obyčejného domácího kutila, nebo pro člověka, který si chce pájení přetavením pouze vyzkoušet. Zákazník totiž zpravidla za dávkovač zaplatí přes 1 000 Kč. Často se proto setkáváme s tím, že si lidé dávkovač vyrobí raději „po domácku“ sami (např. pomocí skeletu tavicí pistole), nebo použijí injekční stříkačku. Tyto metody jsou taktéž možné, avšak velmi nekomfortní a při jejich použití dochází k nepřesnému nanášení pájecí pasty. Přitom správné nanesení pájecí pasty tvoří přibližně 75 % úspěchu vytvoření kvalitního pájeného spoje.

Tržní potenciál

Abychom měli představu o tom, jak je trh velký, jaké množství nebo hodnoty na něm můžeme realizovat, použijeme kvantitativní hledisko analýzy trhu. Díky němu je možné analyzovat, jaké máme příležitosti při vstupu na trh. Taktéž je toto hledisko důležité pro tvorbu a realizaci marketingových strategií. Velikost trhu závisí na výši příjmů, přístupnosti k určité tržní nabídce a v neposlední řadě na tom, kolik lidí má zájem výrobek koupit [30].

Pro výpočet potenciálu trhu je třeba si nejprve ujasnit, v jakých odvětvích by byl o námi nabízený produkt zájem. Jelikož dávkovač pájecí pasty se využívá při technologii pájení přetavením, tedy např. pomocí horkovzdušné pistole, potenciální koncové zákazníky budeme hledat v oblastech oprav a servisů elektroniky, u modelářů a zejména potom u domácích kutilů. Z důvodu absence distribuční sítě ČVUT jsme se rozhodli pro přeprdej přes jinou společnost (více o možnostech distribuce v kapitole 5.3.4. Analýza distribuce). Proto nás v tuto chvíli nebude zajímat velikost trhu z hlediska koncových zákazníků, ale z hlediska společností, přes které bychom dávkovač mohli distribuovat ke spotřebitelům.

Po konzultaci s odborníkem jsem vybrala 7 společností, které by se mohly stát naším potenciálním zákazníkem v České republice, a oslovila je s dotazem na počet ručních dávkovačů, které za rok prodají. Vybrané společnosti jsou uvedené níže v tabulce.

Tabulka 5 – Počet prodaných ručních dávkovačů za rok od jednotlivých společností.

Společnost	Počet prodaných dávkovačů za rok
ABE.TECH, s.r.o.	nedostala jsem odpověď
AMTECH, spol s r.o.	40
ErgoPlan, s.r.o. (SMT technologie)	nedostala jsem odpověď
GM electronic, spol s r.o.	odmítli poskytnout informace
HotAir.cz	nedostala jsem odpověď
PBT Rožnov p.R., s.r.o.	31
TME Czech Republic, s.r.o.	37
Celkem	240

Tržní potenciál nám udává celkovou velikost trhu, tedy počet zákazníků v případě, že by všichni měli zájem o náš výrobek [30]. V našem případě je to počet společností zabývajících se prodejem pájecích past, dávkovačů pastovitých látek či jiným vybavením pro pájení přetavením. Každá společnost má potom určitý podíl na trhu. Z hlediska vyžadovaného rozsahu zkoumání, kolik by jednotlivé společnosti byly ochotny odkoupit výrobků, a zjišťování interních informací jednotlivých společností o podílu na trhu budeme brát průměr pouze od 3 společností. Na základě konzultace s odborníkem, který se na trhu orientuje, jsem zjistila, že tyto tři společnosti tvoří přibližně 45 % trhu. Můžeme si tedy dovolit počítat s podobným počtem prodaných kusů i u zbylých 4 společností.

Výpočet tržního potenciálu Q_T :

$$Q_T = n \cdot q = 7 \cdot 34 = 240 \quad (2)$$

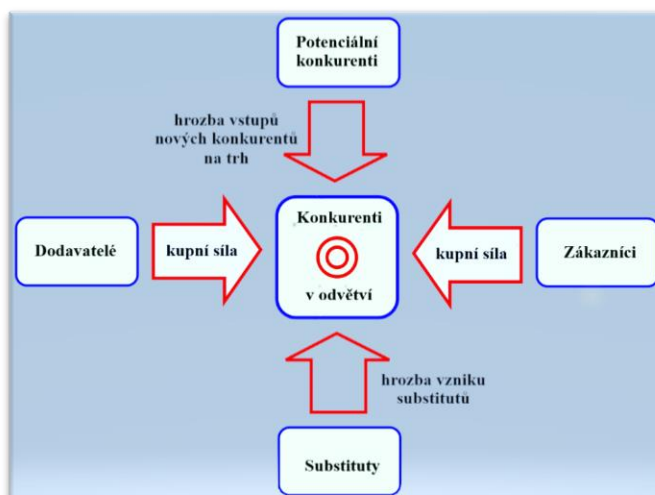
Kde n je počet firem obchodujících na trhu ve výše zmíněných odvětvích a q průměrný počet výrobků na jednu firmu. Pokud by nás zajímal koncový zákazník, tržní potenciál by byl součinem počtu ekonomických subjektů a průměrné spotřeby na spotřební jednotku (v našem případě by to byl 1 dávkovač). Předpokládáme, že existují ještě menší společnosti, které ve svém sortimentu nabízejí ruční dávkovače a celkový roční prodej dávkovačů jsem tedy po konzultaci s odborníkem stanovila na 280 kusů.

Co se týče dalšího vývoje trhu s ručními dávkovači, lze očekávat do budoucna jeho nárůst. V současné době se totiž objevuje a čím dál tím více se rozšiřuje trend ekologie a s tím související snaha použité či rozbité výrobky nevyhazovat, ale raději je opravit. Pokud se zaměříme na elektroniku, tento trend povede ke vzniku nových servisních středisek. Ta se však při opravách elektroniky bez pájení přetavením neobejdou, což tedy povede k růstu poptávky po ručních dávkovačích pastovitých látek.

5.3.2 Analýza konkurence

Dalším velmi důležitým faktorem při volbě marketingové strategie je konkurence. Výstupem celé analýzy by měl být soubor informací o všech existujících konkurentech, který je potřeba neustále rozšiřovat, doplňovat či aktualizovat. Tento přehled informací slouží následně při předvídání dalšího chování konkurentů, jejichž analýza je důležitá pro včasnou a efektivní reakci na aktuální situaci na trhu, poučení se z vlastních chyb a hledání nových strategií, jak se těmto chybám v budoucnu vyvarovat [34].

Z výše uvedeného je zřejmé, že bez průběžné analýzy konkurence je dobře fungující podnikání takřka nemožné. Pro identifikaci konkurence na trhu je možné využít Porterův model pěti konkurenčních sil, který popisuje vnější podmínky panující na trhu.



Obr. 25 – Grafické znázornění Porterova modelu pěti sil (upraveno podle [35]).

V případě, že daná oblast trhu je pro nově vstupující subjekty na trh velmi atraktivní, měli bychom se obávat potenciálních nových konkurentů. Jednou z možností, jak tuto hrozbu snížit, je oslabení nově vznikajícího konkurenta. Jeho slabinou je přirozeně nedostatek zkušeností, můžeme mu ale vstup na trh znesnadnit ještě například rozvojem technologií, které nově příchozí nemá [30]. Z důvodu omezení rozsahu práce se touto problematikou dále zabývat nebudu.

Kupní síla zákazníků je dána především tržními formami (monopol, oligopol), kdy u oligopolní tržní struktury je trh ovlivňován několika zákazníky, kdežto v případě monopolu má moc pouze jeden zákazník. Co se týče rivality ze strany dodavatelů, platí obdobné schéma. Sílu dodavatelů ovlivňuje například dodávka jedinečných výrobků či jejich výsledná kvalita [30].

Přímou hrozbu pro uváděný produkt na trh představuje vznik substitučního výrobku jakožto produktu z jiného odvětví, který svou funkcí může nahradit náš výrobek [30]. V případě našeho ručního dávkovače by se jednalo o již zmíněnou injekční stříkačku. Nebezpečí však není tak velké, neboť nový dávkovač pájecí pasty poskytuje uživateli za nízkou cenu vysoký komfort nanášení a dávkování.

Na stávajícím fungujícím trhu existuje konkurenční boj mezi existujícími společnostmi v již daném odvětví. Každý se snaží vylepšit si svou pozici na trhu tak, aby dosahoval co největších zisků [30]. V elektrotechnickém odvětví výroby ručních dávkovačů pájecích past je třeba rozšířit své zkoumání i do zahraničí. Důvodem je skutečnost, že dodavateli těchto dávkovačů pro český trh jsou společnosti z celého světa. Konkrétně se jedná o japonskou společnost Musashi Engineering, Inc. a americkou Fisnar. Konkurenční společností z České republiky je potom PBT Works, s.r.o. v Rožnově pod Radhoštěm.

5.3.2.1 Musashi Engineering, Inc.

Musashi Engineering, Inc. je společnost se sídlem v Japonsku, pobočky má však po celém světě. V Evropě se jedná o Musashi Engineering Europe GmbH v německém Mnichově. Firma se zaměřuje na vývoj, výrobu a prodej dávkovacích zařízení. Našemu ručnímu dávkovači konkuruje na českém trhu digitální dispenzer *Musashi MS-1D* prodávaný společností AMTECH, spol s r.o., který umožňuje přesné nastavení požadovaného množství dávkovaného materiálu. Jeho cena se však pohybuje v řádech tisíců korun [36], [37].



Obr. 26 – Digitální ruční dispenzer Musashi MS-1D [38].

5.3.2.2 Fisnar

Mezinárodní společnost Fisnar se sídlem ve Spojených státech amerických v Germantown je předním výrobcem a dodavatelem dávkovacích systémů a zařízení po celém světě [39]. Konkurenčním výrobkem této společnosti jsou tlakovzdušné digitální a analogové dávkovače (s označením SL101N a JB1113N), jejichž prodejní cena na českém e-shopu TME Czech Republic, s.r.o. je kolem 15 000 Kč. Dále na téže e-shopu nabízí společnost manuální dávkovací pistole (s označením JD927 a JD927-10) za cenu kolem 2 000 Kč.



Obr. 27 – Dávkovací pistole JD927 [40].



Obr. 29 – Číslicový dávkovač SL101N [42].



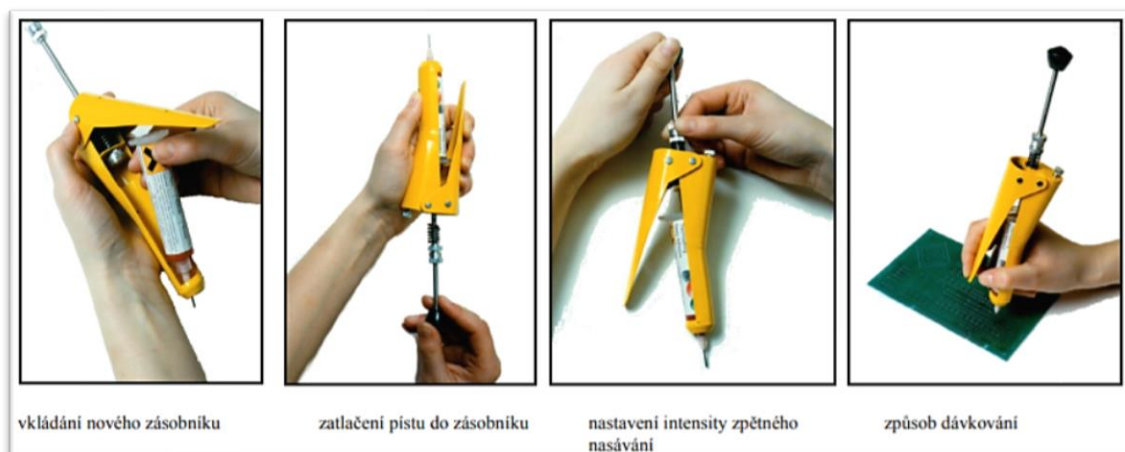
Obr. 28 – Dávkovací pistole JD927-10 [41].



Obr. 30 – Analogový dávkovač JB1113N [43].

5.3.2.3 PBT Works, s.r.o.

Společnost PBT Works, s.r.o., do roku 2014 působící pod názvem MEAS a.s. jakožto dceřiná společnost k PBT Rožnov p.R., s.r.o., je českým výrobcem mimo jiné i ručního dávkovače pájecí pasty s názvem UNIFROG. Dávkovač je prodáván na internetovém obchodě společnosti PBT Rožnov p.R., s.r.o. za cenu přes 2 000 Kč. Dle dostupných informací je dávkovač vhodný pro opravářství, kde není třeba dávkovat pájecí pastu na velké množství pájecích ploch [44], [45].

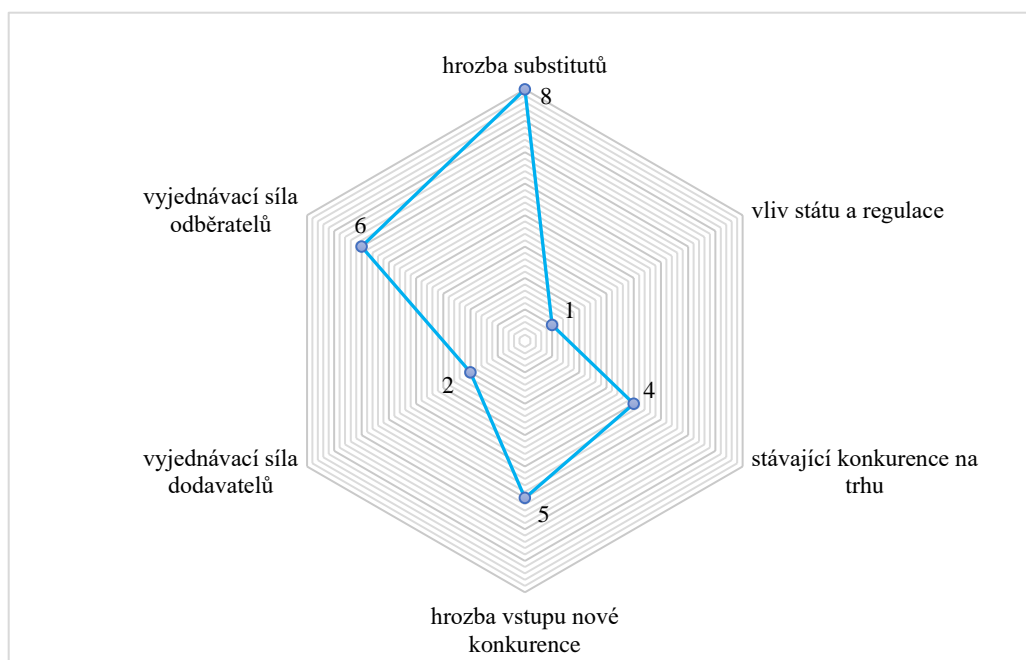


Obr. 31 – Ruční dispenzer UNIFROG [46].

5.3.2.4 Porterův sektorový šestiúhelník

Sektorový šestiúhelník nám umožní kvantifikovat odhadovanou intenzitu jednotlivých faktorů na stávajícím trhu. Kromě 5 Porterových konkurenčních sil se do sektorového šestiúhelníku přidává ještě vliv státu, tedy do jaké míry může stát ovlivňovat výslednou podobu produktu a jeho cenu [47].

Těchto 6 vlivů jsem postupně ohodnotila na škále od 0 do 10. Konkurenční síly jsou rozebrány výše. Co se týče státu, jeho vliv na naše případné podnikání není nijak markantní.



Graf 8 – Sektorový šestiúhelník.

5.3.3 Analýza spotřebitele

V tomto bodu externí analýzy budu hledat odpovědi na následující otázky:

- Kdo?
- Co?
- Kde?
- Jak?
- Za kolik?

Hledání odpovědí na mnohé z nich však vyžaduje rozsáhlá zkoumání a analýzy, které jsem z časových důvodů neprováděla.

5.3.3.1 Kdo?

Odpověď na otázku „Kdo?“, tedy „Kdo jsou spotřebitelé?“ je snadná. Našimi potenciálními zákazníky by se mohly stát společnosti zabývající se prodejem dávkovacích systémů, pájecích past a obecně potřeb pro pájení. Konkrétně by se jednalo například o již zmiňované velké e-shopy společností ABE.TEC, s.r.o., AMTECH, spol s r.o., ErgoPlan, s.r.o., GM electronic, spol s r.o., HotAir.cz, PBT Rožnov p.R., s.r.o., TME Czech Republic, s.r.o., ale i další nejmenované menší obchody s pájecí technikou. Analýza těchto společností je velmi důležitá pro úspěšné uvedení výrobku na trh.

5.3.3.2 Co?, Kde? a Jak?

Nyní již známe své potenciální zákazníky, ale další důležitou otázkou, kterou si klademe, je „Co?“. Zajímá nás, jaká vlastnost či funkce produktu je pro tyto společnosti nejdůležitější. Ke zjištění těchto preferencí existuje několik metod, které jsem však z důvodu rozsahu práce a časové náročnosti neprováděla. Při konzultaci s odborníkem jsme dospěli k názoru, že pro většinu firem bude rozhodujícím parametrem nízká cena, kterou se náš dávkovač oproti konkurenčním manuálním dávkovačům vyjímá. Neméně důležité jsou i otázky „Kde?“ a „Jak?“, díky nimž máme možnost získat informace o tom, kde a jak tyto společnosti nakupují dané produkty, jak se při koupi rozhodují a v neposlední řadě také to, jak vnímají ostatní značky a výrobky. Tato analýza vyžaduje mimo jiné i interní informace a časově náročný výzkum, a proto jsem ji taktéž neprováděla.

5.3.3.3 Za kolik?

Posledním bodem je určení ceny, za kterou bychom dávkovač společně prodávali. Pro stanovení této ceny je nezbytné provést kalkulaci nákladů na výrobu jednoho dávkovače. Při kalkulaci jsem brala v úvahu 2 možnosti výroby. Jednak výrobu 3D tiskem, kde se pružina musí tisknout ze dvou částí, a jednak vstříkolisovou výrobu, u které máme možnost odstříknout pružinu jako celku. Další, pomocné komponenty dávkovače se vyrábí oběma metodami v celku.

5.3.3.3.1 Kalkulace nákladů na výrobu dávkovače 3D tiskem

Co se týče 3D tisku, nejprve je třeba se rozhodnout, jakou tiskárnu budeme využívat. Rozhodla jsem se volit tiskárnu od Prusa Research s.r.o. z důvodu nízkých pořizovacích nákladů. Prusa Research s.r.o. nabízí již několik let v zásadě dva druhy tiskáren. Tiskárny využívající technologii FFF (též známou jako FMD) a tiskárny pracující na principu technologie MSLA. Dále je možnost pořídit si tiskárnu jako celek, nebo jako stavebnici, kterou si následně necháme na místě sestavit.

Možnost PRUSA SLA1 tiskárny s mycí a vytvrzovací stanicí CW1 využívající tiskovou technologii MSLA jsem vyloučila jako první. Důvodem je využívání tekuté pryskyřice, která je vytvrzována pomocí LCD displeje a zdroje světla. Tato pryskyřice je nevhodným materiálem kvůli své křehkosti. Další nevýhodou této tiskárny jsou i vyšší pořizovací náklady. Při výrobě 280 ks za rok vychází výrobní náklady jednoho dávkovače na 52,38 Kč. Podrobnou kalkulaci výrobních nákladů zobrazuje Tabulka 6.

Další možností je pořízení tiskárny PRUSA i3 MK3S využívající FFF/FDM technologii založenou na principu vytlačování roztaveného termoplastu (filamentu) pomocí trysky. Zde máme širší možnost výběru tiskového materiálu. Náš dávkovač je vyzkoušený na materiálu PLA, proto jsem ve svém výpočtu uvažovala pouze tuto možnost. V úvahu by připadal i materiál PET-G, který má sice nepatrně větší pevnost¹ oproti PLA, ale je dražší². Při koupi originálního filamentu od Prusa Research s.r.o. tzv. Prusamentu, vychází výrobní náklady na 41,82 Kč při roční výrobě 280 ks a tisku po jednom dávkovači. Pokud bychom počítali s nárůstem ročního prodeje na 560 dávkovačů, náklady by klesly zhruba o 2 Kč. Jak je zřejmé, pořizovací cena této tiskárny je stále celkem vysoká v přepočtu na roční výrobu, což dávkovač prodražuje. Řešení by přinesla

¹ Mechanické testy prováděny na FEL, ČVUT. Výsledky byly zveřejněny v online časopise Electroscope ve druhém čísle ročníku 2019 [48].

² Porovnání ceny filamentů na 1kg: PET-G – 699Kč/1kg, PLA – 599Kč/1kg [49].

koupě tiskárny PRUSA MINI, která je odvozena od modelu tiskárny MK3. Další možností, jak snížit výrobní náklady, je nákup materiálu od jiného výrobce, než je Prusa Research. Vybrala jsem holandskou společnost Gembird Europe B.V. Filamenty od tohoto výrobce ale nemáme ozkoušené a vyvstává tedy otázka jeho kvality a následně kvality celého dávkovače. Detailní kalkulace výrobních nákladů dávkovače při použití tiskárny modelu MK3 se nachází v Tabulce 7.

Tabulka 6 – Kalkulace výrobních nákladů dávkovače při výrobě MSLA technologií.

současný prodej – 280 ks, tisk po jednom dávkovači	
MSLA	
počet dávkovačů za rok (ks)	280
diskont	0,02
ORIGINAL PRUSA SL1 + CW1 (stavebnice)	
cena (Kč)	45 370
životnost (roky)	16
RCF investice	3 341,51
průměrný výkon (kW)	43,71
spotřeba (kWh/ks)	53,41
cena spotřeby (Kč/ks)	0,24
materiál: Azure Blue Tough – 1499Kč/1kg	
doba tisku 1 dávkovače	1h 13min 19s
doba tisku 1 dávkovače (hod)	1,22
materiál na 1 dávkovač (ml)	9,7
cena materiálu (Kč/ks)	14,6
Údržba tiskárny	
cena FEP folie (Kč)	200
životnost FEP folie	500 tiskových hodin
životnost FEP folie (roky)	1,46
RCF investice do FEP folie (Kč)	140,23
Další materiál pro výrobu dávkovače	
dvousložkové lepidlo (Kč)	65
cena šroubku a matky (Kč)	7
cena dávkovací jehly (Kč)	8
cena pístu (Kč)	5
cena kartuše (Kč)	5
celkové roční náklady (Kč)	14 665,21
cena za kus (Kč)	52,38

Tabulka 7 – Kalkulace výrobních nákladů dávkovače při použití FFF technologie, porovnání tiskárny i3 MK3S a tiskárny MINI a dvou různých výrobců filamentu, tisk po 1 ks.

možný budoucí prodej – 560ks, tisk po jednotlivých dávkovačích		
FFF		
počet dávkovačů za rok (ks)	560	
diskont	0,02	
tiskárna	i3 MK3S (stavebnice)	PRUSA MINI
cena (Kč)	20 335	9 990
životnost (roky)	8	
RCF investice (Kč)	2 775,93	1 363,73
průměrný výkon (kW)	99,13	
spotřeba (kWh/ks)	191,35	185,46
cena spotřeby (Kč/ks)	0,87	0,85
materiál: Prusament PLA – 599Kč/1kg nebo Gembird PLA – 399Kč/1kg		
doba tisku 1 dávkovače	1h 55min 49s	1h 52min 15s
doba tisku 1 dávkovače (hod)	1,93	1,87
filament na 1 dávkovač (mm ³)	9 955	
váha filamentu na 1 dávkovač (g)	12,34	
cena filamentu (Kč/ks)	7,39 / 4,92	
Údržba tiskárny		
cena trysky (Kč)	199	
životnost trysky	1 000 tiskových hodin	
životnost trysky (roky)	0,93	0,95
RCF investice do trysky (Kč)	219,25	212,56
cena ocelového plátu (Kč)	899	
životnost ocelového plátu	1 500 tiskových hodin	
životnost ocelového plátu (roky)	1,39	1,43
RCF investice do ocelového plátu (Kč)	663,34	643,19
Další materiál pro výrobu dávkovače		
dvousložkové lepidlo (Kč)	65	
cena šroubku a matky (Kč)	7	
cena dávkovací jehly (Kč)	8	
cena pístu (Kč)	5	
cena kartuše (Kč)	5	
celkové roční náklady (Kč)	22 275,87 / 20 893,79	20 821,79 / 19 439,71
cena za kus (Kč)	39,78 / 37,31	37,18 / 34,71

Na rozdíl od tiskárny SL1, která má menší tiskový prostor, máme možnost tisku více dávkovačů najednou, a to až 7 kusů v případě modelu i3 MK3S a 4 kusů na tiskárně PRUSA MINI. Při využití plné kapacity tiskárny (tisk 7 ks/4 ks najednou) bychom ušetřili náklady na obsluhu, která nebude muset tak často přicházet do kontaktu se zařízením. Čas se sice nepatrně prodlouží, což je dáno nesouvislým pohybem trysky, ale i přes velmi malé zvýšení výrobních nákladů se tento způsob výroby vyplatí nejvíce. Tabulka 8 obsahuje detailní informace k provedené kalkulaci nákladů.

Tabulka 8 – Kalkulace výrobních nákladů dávkovače při použití FFF technologie, porovnání tiskárny i3 MK3S a tiskárny MINI a dvou různých výrobců filamentu, tisk na maximální kapacitu tiskárny.

možný budoucí prodej – 560ks, tisk na maximální kapacitu tiskárny		
FFF		
počet dávkovačů za rok (ks)	560	
diskont	0,02	
tiskárna	i3 MK3S (stavebnice)	PRUSA MINI
cena (Kč)	20 335	9 990
životnost (roky)	8	
RCF investice (Kč)	2 775,93	1 363,73
průměrný výkon (kW)	99,13	
spotřeba (kWh/ks)	210,66	186,66
cena spotřeby (Kč/ks)	0,96	0,85
materiál: Prusament PLA – 599Kč/1kg nebo Gembird PLA – 399Kč/1kg		
doba tisku 7/4 dávkovačů	14h 52min 31s	7h 31min 55s
doba tisku 7/4 dávkovačů (hod)	14,88	7,53
filament na 7/4 dávkovačů/-e (mm ³)	69 685	39 820
váha filamentu na 7/4 dávkovačů/-e (g)	86,38	49,36
cena filamentu (Kč/ks)	7,39 / 4,92	
Údržba tiskárny		
cena trysky (Kč)	199	
životnost trysky	1 000 tiskových hodin	
životnost trysky (roky)	0,84	0,95
RCF investice do trysky (Kč)	241,17	213,93
cena ocelového plátu (Kč)	899	
životnost ocelového plátu	1 500 tiskových hodin	
životnost ocelového plátu (roky)	1,26	1,42
RCF investice do ocelového plátu (Kč)	729,36	647,31
Další materiál pro výrobu dávkovače		
dvousložkové lepidlo (Kč)	65	
cena šroubku a matky (Kč)	7	
cena dávkovací jehly (Kč)	8	
cena pístu (Kč)	5	
cena kartuše (Kč)	5	
celkové roční náklady (Kč)	22 413,11 / 21 031,03	20 830,36 / 19 448,28
cena za kus (Kč)	40,02 / 37,56	37,20 / 34,73

5.3.3.3.2 Kalkulace nákladů na výrobu dávkovače vstříkolisovou výrobou

Druhou možností výroby komponentů našeho dávkovače je vstříkolis. V tomto případě by bylo potřeba oslovit nějakou společnost, u které bychom si nechali na zakázku vyrobit formu přímo pro náš dávkovač. Jelikož jsou všechny tři komponenty dávkovače přibližně stejného charakteru (složitost, objem, rozměry), je možné je umístit do jedné formy, což značně snižuje náklady na výrobu. Tato vybraná společnost by smluvený počet kusů také odstříkla. V kalkulaci tedy neuvažují investici do vlastního vstříkovacího

lisu. Z toho důvodu, že výrobní cena formy i samotné odstříknutí je velmi závislé na konkrétním výrobku, není možné nikde vyhledat jednotnou cenu výroby. Rozhodla jsem se proto přímo oslovit jednu ze společností, u které jsem poptala ceny potřebné pro výslednou kalkulaci. Vybrala jsem českou společnost Vyrtych a.s. se sídlem v Židněvsi u Mladé Boleslavi. Ceny jsou tedy pouze orientační a v případě výroby u jiné společnosti se výrobní náklady mohou lišit. Výrobním materiálem by byl polykarbonát (PC) s 10 % krátkých skleněných vláken jakožto plnivo. Přidaná vlákna zvyšují modul pružnosti a konstrukce je poté pevnější, tužší a zachovává tvarovou stálost. Následující Tabulka 9 zobrazuje kalkulaci výrobních nákladů dávkovače při použití vstříkolisu. Položka ostatní náklady zahrnuje zbylé náklady na výrobu kromě materiálu (energie, práce atd.)

Tabulka 9 – Kalkulace nákladů na výrobu dávkovače vstříkolisovou výrobou.

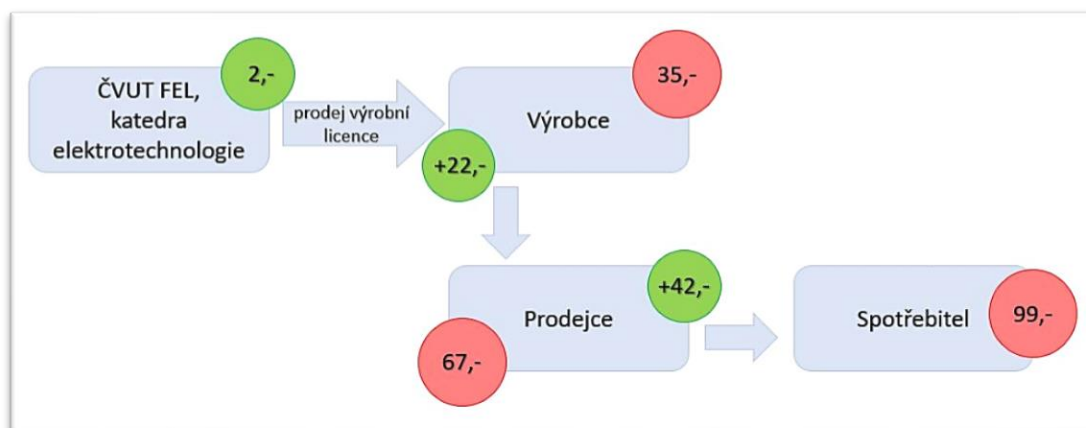
vstříkolisová výroba	
Vyrtych a.s.	
materiál: PC + 10 % krátkých skleněných vláken	
diskont	0,02
cena formy (Kč)	400 000
životnost (roky)	20
RCF investice (Kč)	24 462,69
cena materiálu (Kč/ks)	5,60
ostatní náklady (Kč/ks)	11,31
Další materiál pro výrobu dávkovače	
cena šroubku a matky (Kč)	7
cena dávkovací jehly (Kč)	8
cena pístu (Kč)	5
cena kartuše (Kč)	5
současný prodej – 280ks	možný budoucí prodej – 560ks
počet dávkovačů za rok (ks)	
280	560
celkové roční náklady (Kč)	
36 159,69	47 856,69
cena za kus (Kč)	
129,14	85,46

Ač je vstříkolisová výroba specifická svou obrovskou rychlostí, z výše provedené kalkulace je jasné, že při současném stavu na trhu se výroba touto formativní technologií v žádném případě nevyplatí. Je to dáno velmi vysokou investicí do formy, která má životnost milion a více výlisků. V optimistickém případě jsem zde počítala s výrobou tohoto dávkovače po dobu 20 let. Abychom však skutečně využili potenciál zhotovené formy, museli bychom tento dávkovač při současném prodeji (280 ks/rok)

vyrábět přes 3,5 tisíce let, což je nemožné. Trh s elektronikou sice stále roste, ale pro dosažení stejných výrobních nákladů dávkovače jako při roční výrobě 560 ks pomocí 3D tiskárny PRUSA MINI bychom museli na vstříkolisu ročně vyrobit více než desetkrát tolik. Pro případ Prusamentu PLA to vychází na 6760 ks za rok, při použití levnějšího PLA filamentu od společnosti Gembird potom dokonce 8200 ks za rok (Příloha 1). Tato roční výroba dávkovačů již ale není realizovatelná při koupi jedné 3D tiskárny PRUSA MINI, a to ani kdyby pracovala celý rok 24 hodin denně, 7 dní v týdnu. Jak je vidět v grafu v Příloze 1, vstříkolis je vhodný zejména pro sériovou výrobu, kde se pohybujeme v řádech deseti tisíců dávkovačů za rok.

Jak tedy stanovit výslednou prodejní cenu? Obecně lze říci, že výsledná prodejní cena se musí pohybovat v intervalu, kde spodní hranici udávají náklady společnosti na výrobu daného produktu a horní hranice je dána poptávkou. V některých případech se cena může odvíjet i od stanovených cen konkurence. Pokud má nový produkt funkci, kterou konkurence nenabízí, měla by společnost zhodnotit, do jaké míry je daná funkce pro spotřebitele důležitá, a následně tuto hodnotu k ceně konkurence přičíst. Naopak pokud novému výrobku něco chybí, je třeba stanovenou hodnotu od ceny konkurence odečíst. Existují tedy tři úvahy při stanovování ceny: 1) náklady představují nejnižší možnou úroveň ceny, 2) ceny konkurentů a substitutů představují orientační bod, 3) hodnocení jedinečných vlastností nabídky společnosti zákazníky představuje strop ceny [50].

Konkrétně pro náš případ budeme chtít cenu co nejnižší, neboť velmi nízká cena je to, co nás od konkurence nejvíce odlišuje. Vycházejme z předpokladu, že výrobní náklady 34,73 Kč při použití 3D tisku na tiskárně PRUSA MINI s filamentem od společnosti Gembird jsou minimální cenou. Nejvyšší hodnotu prodejní ceny spotřebiteli stanovme na 99 Kč. Při nižší prodejní ceně, než je spodní hranice bychom na prodeji trafil, vyšší cena, než je 99 Kč by nás připravila o konkurenční výhodu. Dále předpokládejme, že výrobní licenci prodáme výrobní společnosti s požadavkem poplatku 2 Kč z každého prodaného dávkovače (vysvětlení zvolené distribuce následuje v kapitole 5.3.4. Analýza distribuce). Následující obrázek zobrazuje v červených kolečkách doporučené ceny, za kolik by jednotlivé subjekty dávkovač kupovaly a v zelených kolečkách jejich případnou marži. V případě výrobce představuje červené kolečko výrobní náklady dávkovače při zvolené výrobní metodě 3D tiskem.



Obr. 32 – Zjednodušené schéma doporučených nákupních/výrobních cen a marže na jeden dávkovač.

5.3.4 Analýza distribuce

Další neméně důležitou analýzou při uvádění produktu na trh je analýza distribuce, která slouží k nalezení a výběru optimálních cest, kterými se výrobek může dostat ke spotřebiteli. Nejlepším možným řešením je často kombinace několika distribučních kanálů, díky které docílíme oslovení různých odvětví trhu, kde je náš výrobek využitelný. Pokud se určitá kombinace bude zdát opravdu ta nejlepší, musíme si dát ještě pozor na konflikt mezi těmito distribučními kanály. Ten může vzniknout v případě, že je jedno z odvětví obsluhováno různými kanály [31], [50].

Podrobněji je analýza distribučních kanálů rozebrána například v publikaci Marketing management od Philipa Kotlera [50]. Já se ale touto problematikou budu dále zabývat už konkrétně. Zaměřím se na možné způsoby distribuce našeho ručního dávkovače a na pro a proti každé varianty. V zásadě máme pouze tři možnosti, kterými jsou buď přeprodej, přímý prodej, nebo jejich kombinace.

5.3.4.1 Přímý prodej

První možnou variantou je přímý prodej ručního dávkovače na český trh, tedy pomocí internetu, obchodních zástupců apod. Výhodou tohoto způsobu prodeje by byl osobní kontakt se zákazníkem. Dále například možnost cíleně se zaměřit na potřeby daného spotřebitele, okamžitá zpětná vazba a celkově přímý dozor nad prodejem a spokojeností konečných spotřebitelů. Také výsledná prodejní cena dávkovače by závisela pouze na výrobních nákladech (fixních i variabilních) a naší marži. Nevýhodou je naopak finanční náročnost celého procesu spojeného s přímým prodejem. S tím souvisí i zásadní problém katedry elektrotechnologie fakulty elektrotechnické ČVUT, kterým je absence jakékoliv distribuční sítě a dalších produktů. Investice do vybudování takové

distribuční síť, abychom oslovili stejný nebo větší počet zákazníků jako přeprodejem, se v současné situaci katedře v žádném případě nevyplatí.

5.3.4.2 Nepřímý prodej

U nepřímého prodeje, tedy prodeje přes distributora, máme několik možností. Jednou z nich je prodej dávkovače do specializovaných maloobchodů s pájecí technikou a elektronikou, jako GM electronic spol s r.o. apod. Většina těchto obchodů nabízí zboží jak v internetovém obchodě, tak v kamenných prodejnách, kde má zákazník možnost se poradit se specialisty v oboru. Další variantou je prodej do velkých obchodních řetězců jako je např. společnost Transfer Multisort Elektronik Sp. z o.o. s dceřinými společnostmi v mnoha evropských státech (v ČR se jedná o TME Czech Republic s.r.o.). V obou výše zmíněných případech bychom dávkovač museli prodávat pod svým vlastním jménem. Výhodou oproti konkurenčním produktům by byla jednoznačně mnohem nižší cena. Bohužel neznámost této značky a absence dalšího sortimentu v oblasti pájení jsou závažnými nedostatky, a proto i v tomto případě negativa převyšují pozitiva.

5.3.4.3 Další možnosti

Jak je zřejmé z výše sepsaných argumentů, v současné době není pro katedru ani jedna z uvedených možností výhodná. Řešením našeho problému by mohl být prodej výrobní licence jednomu z našich konkurentů (jinému výrobcí), který by dávkovač vyráběl a prodával pod svou značkou. Buď za licenční poplatek, nebo procento z tržeb.

5.3.5 Makroprostředí

Posledním bodem externí analýzy je analýza makroprostředí, ve které jsem se zabývala vlivy ovlivňujícími chování a rozhodování spotřebitele. Existuje šest tzv. hybných sil širšího okolí, kterými jsou demografické, ekonomické, společensko-kulturní, přírodní, technologické a politicko-právní. Je třeba si ale uvědomit, že jedna souvisí s druhou a celé propojení tvoří jeden velký řetězec aspektů ovlivňující chování spotřebitelů na trhu [50].

Prvním aspektem je zajisté demografický vývoj. Dle dostupných dat Českého statistického úřadu³ (ČSÚ) má populace v České republice dlouhodobě rostoucí tendence a také středoškolsky a vysokoškolsky vzdělaných lidí stále přibývá. V roce 2018 dosahoval podíl obyvatel ČR ve věku od 15 do 64 let přibližně 65 %. Přičemž přesně tito

³ Data k 31. 12. 2018 [51].

lidé jsou největšími uživateli elektroniky, zejména mobilních telefonů, notebooků apod. Ve většině případů mají možnost opravy těchto zařízení ve specializovaných obchodech a opravárnách. S tím však souvisí další neméně důležitý aspekt, a to otázka přírody a ekologie. S nárůstem světové populace dochází k rychlejšímu vyčerpání přírodních zdrojů a k většímu znečištění přírody. V současné době je možné pozorovat vzestup trendu ekologičnosti a ochrany životního prostředí. Ten následně vede k myšlenkám a nápadům, jak efektivně využít stará elektronická zařízení a v neposlední řadě k rozvoji specializovaných opraven těchto zařízení. V souvislosti s výše uvedenými aspekty lze předpokládat, že nárůst počtu opraven elektronických zařízení povede k větší poptávce po ručních dávkovačích, které umožňují rychlé a snadné nanesení pájecí pasty. Je nutné ale zmínit i negativní vlivy. Tím je například technologický rozvoj a s ním související rozvoj internetu. V současné době mají lidé nespočet možností levného nákupu z nejrůznějších koutů světa. To se týká především skupiny kutilů, kteří si dříve doma sami něco vyrobili nebo opravili. V současné době však spousta z nich využije internetové služby a raději si z pohodlí domova objedná již hotový polotovár z asijského e-shopu. Přínosem je pro ně příznivá cena a jednoznačně časová nenáročnost, neboť dříve komplikované kutilství je nyní téměř bez práce.

5.4 Stanovení cíle a SWOT analýza

Zkratka SWOT se skládá z počátečních písmen anglických slov *Strengths*, *Weaknesses*, *Opportunities* a *Threats*. Právě těmito čtyřmi faktory se SWOT analýza zabývá. Jinými slovy, budeme zkoumat silné a slabé stránky a zároveň nás budou zajímat naše příležitosti a hrozby. Celý proces můžeme dělit na monitorování interního a externího marketingového prostředí. Interní analýza nám poskytuje výsledky ohledně silných a slabých stránek společnosti v porovnání s konkurencí. Externí analýza shrnuje dílčí analýzy externích podmínek, kterými jsou např. konkurence, chování spotřebitele, vlivy makroprostředí atd. Výsledkem jsou externí faktory, které představují příležitosti či hrozby při dosahování stanoveného cíle [31], [47].

CÍL: Uvedení ručního dávkovače pastovitých látek na český trh.

Tabulka 10 – zpracování SWOT analýzy.

	+	-
INTERNÍ ANALÝZA	Silné stránky	Slabé stránky
	<ul style="list-style-type: none"> • nízké výrobní náklady • snadná výrobní technologie • jednoduchá konstrukce • krátký čas dávkování 	<ul style="list-style-type: none"> • možná nedůvěra zákazníka v toto řešení • absence distribuční sítě ČVUT a z toho plynoucí závislost na jiné společnosti • omezená cílová skupina
EXTERNÍ ANALÝZA	Příležitosti	Hrozby
	<p><u>Trh</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • růst potenciálu trhu díky trendu „nevyhazuj, raději oprav“ <p><u>Konkurence</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • mnohem nižší prodejní cena díky nízkým výrobním nákladům <p><u>Spotřebitel</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • cena jakožto rozhodující faktor při nákupu <p><u>Distribuce</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • možnost spolupráce s velkými firmami v oblasti pájení • jednoduché PR pomocí YouTube apod. <p><u>Makroprostředí</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • trend nevyhazovat, raději opravit se vrací (z ekologického hlediska) 	<p><u>Trh</u></p> <p><u>Konkurence</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • porušení práva duševního vlastnictví • vyvinutí konkurenčního výrobku s lepším řešením <p><u>Spotřebitel</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • absence zkušeností kutilů s pájením přetavením • nedůvěra k neznámé značce • kutilové či modeláři upřednostní pohodlí → koupí již zapájenou DPS • snazší koupit si nový přístroj než ho opravovat <p><u>Distribuce</u></p> <ul style="list-style-type: none"> • absence distribuční sítě ČVUT <p><u>Makroprostředí</u></p>

5.4.1 Analýza výstupů SWOT analýzy

Nyní se zaměřím na nejvýznamnější přínosy a hlavní problémy při uvádění dávkovače na trh. Interní analýza odhalila silnou stránku ve výrobních nákladech. Právě velmi nízké výrobní náklady jsou tím, čím se náš dávkovač od konkurence nejvíce odlišuje. Naopak za závažný problém považuji absenci distribuční sítě a nemožnost vlastní výroby. Co se týče nárůstu tržního potenciálu, je nutné poznamenat, že se jedná pouze o předpoklad. Z důvodu časové náročnosti a rozsahu celé práce chybí podrobnější analýza spotřebitele, ze které bychom získali důležitá data o preferencích zákazníků. Domnívám se však, že vstupem našeho dávkovače na trh bychom vyvolali větší zájem o ruční dávkovače pájecích past. Toto tvrzení stavím na již provedeném průzkumu

českého trhu⁴, kde bylo zjištěno, že cena hraje při rozhodování spotřebitelů zásadní roli. V provedené analýze se sice jednalo o laserové nivelační přístroje, ale jistou vypovídající hodnotu o českém spotřebiteli nám dává. Mohu tedy předpokládat, že zákazník se již nebude muset rozmyslet, zda dávkovač koupit či ne, protože pořizovací cena nebude v řádech tisíců korun jako je tomu nyní. Ruční dávkovač pastovitých látek se tudíž stane pro běžného člověka dostupnějším.

⁴ Pilotní průzkum byl prováděn v roce 2008 v rámci diplomové práce [31].

Shrnutí a závěr

Motivace pro vypracování této práce byla popsána v úvodu. Kapitoly 1–3 poskytují teoretický přehled o technologiích pájení, pájecích slitinách, tavidlech a na závěr literární rešerše jsou rozebrány metody testování pájitelnosti. Následuje praktická část zaměřená na metodu smáčecích vah a celá práce je zakončena částí ekonomickou.

Cílem praktické části bylo porovnání smáčitelnosti nízkotavitelných bezolovnatých slitin na bázi bismutu a cínu. Pomocí metody smáčecích vah jsem testovala pájitelnost u 6 slitin v kombinaci s dvěma různými tavidly – neutrální pájecí kapalinou a kapalinou na bázi kalafuny, F1. Co se týče slitin, jednalo se konkrétně o eutektickou slitinu Bi58Sn42, eutektickou s malým obsahem fosforu Bi58Sn42P, dále byly použity slitiny s dvěma různými procentuálními obsahy gallia Bi59Sn40Ga1, Bi59Sn40Ga1P, Bi57Sn40Ga3 a Bi57Sn40Ga3P. Jako pájené vzorky jsem využila 2 cm dlouhé měděné drátky o průměru 1,5 mm.

Provedená měření ukázala, že smáčitelnost je velmi závislá jak na výběru tavidla, tak i na přidávaných prvcích. Z důvodu vysoké aktivity neutrální pájecí kapaliny vykazovaly slitiny v kombinaci s tímto tavidlem zpravidla lepší smáčení než při použití kalafunového tavidla F1. Zatímco vliv gallia je u vybraných pájek silně závislý na výběru tavidla, přidáním fosforu dochází k výraznému zlepšení zkoumaných vlastností. Slitina se díky fosforu stane tekutější a následkem toho dochází k lepšímu smáčení pájeného vzorku – a to bez ohledu na použité tavidlo. Při práci s těmito slitinami jsem také vyzorovala, že slitiny s příměsí gallia jsou velmi křehké. Smáčitelnost je sice zásadní vlastností pájek použitelných v průmyslu, ale pro konečné rozhodnutí, zda tyto slitiny jsou či nejsou pro průmysl použitelné, by byla nutná další měření. Mimo jiné by bylo třeba opakovat toto měření s použitím více tavidel, dále se podívat například na tvrdost a s tím související křehkost slitin, růst intermetalických vrstev, posouzení dlouhodobé spolehlivosti pájených spojů a mnoho dalších. Výše zmíněná měření však přesahují rámec této práce.

Cílem ekonomické části bakalářské práce bylo analyzovat současnou situaci na trhu s ručními dávkovači pastovitých látek s ohledem možného uvedení vlastního výrobku na český trh. Následující konečné shrnutí bude sloužit katedře elektrotechnologie FEL ČVUT jako doporučení a výše zpracované analýzy jako podněty k zamyšlení a možnému vylepšení současné pozice na trhu.

Analýzou konkurence a zjištěním tržního potenciálu jsem získala povědomí o velikosti českého trhu s ručními dávkovači, který v současné době není příliš velký. Zejména malý tržní potenciál je důvodem nízkého celkového ročního zisku katedry v případě, že by se rozhodla dávkovač uvést na trh. Stručná kalkulace výrobních nákladů dále ukázala, že pro dosažení nejnižších výrobních nákladů za současné situace na trhu je vhodnější použít aditivní metodu výroby než formativní (vstřikolis), která vyžaduje vysokou investici do formy. To znamená, že budeme preferovat 3D tisk na tiskárně PRUSA MINI při použití filamentu PLA od společnosti Gembird. Před samotným startem projektu bych určitě doporučila provést podrobnější analýzu spotřebitele a zjistit, jak se lidé při koupi dávkovače rozhodují. Tím bychom ověřili, zda domněnky o zvýšení prodeje díky nízké ceně jsou správné či nikoliv. Tedy zda by byl o levnější dávkovač vůbec zájem. Dále by stála za průzkum hranice nejvyšší ceny, za kterou by spotřebitel již dávkovač nekoupil a pastu by raději dávkoval „home-made“ způsobem pomocí injekční stříkačky. Já tuto cenu po konzultaci s odborníkem stanovila na 99 Kč. Pokud by se naše předpoklady potvrdily, uvedení nového ručního dávkovače na trh vidím pozitivně. Co se týče možností distribuce, v tomto případě je prodej výrobní licence jedinou výhodnou a také v současné situaci katedry elektrotechnologie jedinou možnou variantou. V zásadě by to pro katedru nepředstavovalo žádné větší starosti a nákladné operace.

Seznam obrázků

OBR. 1 – TVORBA RUČNĚ PÁJENÉHO SPOJE	10
OBR. 2 – PÁJENÍ VLNOU	12
OBR. 3 – DETAIL PÁJECÍ PASTY	15
OBR. 4 – TLAKOVÝ DÁVKOVAČ	17
OBR. 5 – DÁVKOVAČ SE ŠROUBOVÝM NANÁŠENÍM	17
OBR. 6 – NANÁŠENÍ PÁJECÍ PASTY TECHNOLOGIÍ MICRO-JETTING	18
OBR. 7 – NANÁŠENÍ PÁJECÍ PASTY POMOCÍ LASEROVÉHO PAPRSKU	18
OBR. 8 – SÍTOTISK PÁJECÍ PASTY	18
OBR. 9 – TISK PÁJECÍ PASTY PŘES ŠABLONU	19
OBR. 10 – DIAGRAM PŘÍČIN A DŮSLEDKŮ PŮSOBNÍ ZÁKLADNÍCH FAKTORŮ NA VÝSLEDNOU KVALITU PÁJENÝCH SPOJŮ	22
OBR. 11 – SMÁČIVOST PÁJKY BGA POUZDRA A SMD SOUČÁSTKY	23
OBR. 12 – DIAGRAM ZOBRAZUJÍCÍ METODY TESTOVÁNÍ PÁJITELNOSTI	24
OBR. 13 – PONOŘOVACÍ ZAŘÍZENÍ S NASTAVITELNOU RYCHLOSTÍ PONORU	24
OBR. 14 – TEST ROZTĚKAVOSTI PÁJKY	25
OBR. 15 – MENISKOMETR	25
OBR. 16 – REALIZACE OTOČNĚ-PONOŘOVACÍ METODY TESTOVÁNÍ PÁJITELNOSTI	26
OBR. 17 – KULÍČKOVÝ TEST	27
OBR. 18 – ZAŘÍZENÍ NA TESTOVÁNÍ PÁJITELNOSTI METODOU SMÁČECÍCH VAH	28
OBR. 19 – PŘÍKLADY RŮZNÝCH TYPICKÝCH PRŮBĚHU ČASOVÉ ZÁVISLOSTI SMÁČECÍ SÍLY	28
OBR. 20 – ČASOVÝ PRŮBĚH SMÁČECÍ SÍLY	29
OBR. 21 – NÁKRES MENISKOGRAFU	31
OBR. 22 – ROZBOR KŘIVKY SMÁČECÍ SÍLY	33
OBR. 23 – POSTUPNÝ VÝVOJ KATEDRY DO SOUČASNÉ PODOBY	39
OBR. 24 – SCHÉMATICKÉ ZNÁZORNĚNÍ KOMPLETACE DÁVKOVAČE	40
OBR. 25 – GRAFICKÉ ZNÁZORNĚNÍ PORTEROVA MODELU PĚTI SIL	43
OBR. 26 – DIGITÁLNÍ RUČNÍ DISPENZER MUSASHI MS-1D	44
OBR. 27 – DÁVKOVACÍ PISTOLE JD927	45
OBR. 28 – DÁVKOVACÍ PISTOLE JD927-10	45
OBR. 29 – ČÍSLICOVÝ DÁVKOVAČ SL101N	45
OBR. 30 – ANALOGOVÝ DÁVKOVAČ JB1113N	45
OBR. 31 – RUČNÍ DISPENZER UNIFROG	46
OBR. 32 – ZJEDNODUŠENÉ SCHÉMA DOPORUČENÝCH NÁKUPNÍCH/VÝROBNÍCH CEN A MARŽE NA JEDEN DÁVKOVAČ	54

Seznam tabulek

TABULKA 1 – DĚLENÍ PAST NA ZÁKLADĚ VELIKOSTI JEJÍCH KOVOVÝCH ČÁSTIC DLE NOREM ANSI/J-STD-006 NEBO QQ-S-571	16
TABULKA 2 – DĚLENÍ TAVIDEL PODLE NORMY ČSN EN ISO 9454-1	20
TABULKA 3 – DĚLENÍ TAVIDEL PODLE NORMY ČSN EN DIN 61190-1-1	21
TABULKA 4 – NAMĚŘENÉ HODNOTY Z MENISKOGRAFU	33
TABULKA 5 – POČET PRODANÝCH RUČNÍCH DÁVKOVAČŮ ZA ROK OD JEDNOTLIVÝCH SPOLEČNOSTÍ	42
TABULKA 6 – KALKULACE VÝROBNÍCH NÁKLADŮ DÁVKOVAČE PŘI VÝROBĚ MSLA TECHNOLOGIÍ	49
TABULKA 7 – KALKULACE VÝROBNÍCH NÁKLADŮ DÁVKOVAČE PŘI POUŽITÍ FFF TECHNOLOGIE, POROVNÁNÍ TISKÁRNY I3 MK3S A TISKÁRNY MINI A DVOU RŮZNÝCH VÝROBCŮ FILAMENTU, TISK PO 1 KS	50
TABULKA 8 – KALKULACE VÝROBNÍCH NÁKLADŮ DÁVKOVAČE PŘI POUŽITÍ FFF TECHNOLOGIE, POROVNÁNÍ TISKÁRNY I3 MK3S A TISKÁRNY MINI A DVOU RŮZNÝCH VÝROBCŮ FILAMENTU, TISK NA MAXIMÁLNÍ KAPACITU TISKÁRNY	51
TABULKA 9 – KALKULACE NÁKLADŮ NA VÝROBU DÁVKOVAČE VSTRÍKOLISOVOU VÝROBOU	52
TABULKA 10 – ZPRACOVÁNÍ SWOT ANALÝZY	57

Seznam grafů

GRAF 1 – POROVNÁNÍ SMÁČECÍCH SIL U SLITIN Bi58Sn42 A Bi58Sn42P V ZÁVISLOSTI NA POUŽITÉM TAVIDLE	34
GRAF 2 – POROVNÁNÍ SMÁČECÍCH SIL U SLITIN Bi59Sn40Ga1 A Bi59Sn40Ga1P V ZÁVISLOSTI NA POUŽITÉM TAVIDLE	34
GRAF 3 – POROVNÁNÍ SMÁČECÍCH SIL U SLITIN Bi57Sn40Ga3 A Bi57Sn40Ga3P V ZÁVISLOSTI NA POUŽITÉM TAVIDLE	35
GRAF 4 – VLIV GALLIA U SLITIN BEZ FOSFORU V KOMBINACI S NEUTRÁLNÍM TAVIDLEM	35
GRAF 5 – VLIV GALLIA U SLITIN S FOSFOREM V KOMBINACI S NEUTRÁLNÍM TAVIDLEM	36
GRAF 6 – VLIV GALLIA U SLITIN BEZ FOSFORU V KOMBINACI S TAVIDLEM F1	36
GRAF 7 – VLIV GALLIA U SLITIN S FOSFOREM V KOMBINACI S TAVIDLEM F1	37
GRAF 8 – SEKTOROVÝ ŠESTIÚHELNÍK	46

Seznam použité literatury

- [1] T.-K. Lee, T. R. Bieler, C.-U. Kim a H. Ma, „Interconnection: The Joint“, in *Fundamentals of Lead-Free Solder Interconnect Technology: From Microstructures to Reliability*, T.-K. Lee, T. R. Bieler, C.-U. Kim, a H. Ma, Ed. Boston, MA: Springer US, 2015, s. 21–50.
- [2] A. Pietriková, J. Ďurišin a P. Mach, *Diagnostika a optimalizácia použitia ekologických materiálov pre vodivé spájanie v elektronike*. Košice: Fakulta elektrotechniky a informatiky Technickej univerzity v Košiciach, 2010.
- [3] N. Němeček, „Analýza voidů v pájených spojích“, Bakalářská práce, České vysoké učení technické v Praze. Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce doc. Ing. Karel Dušek, Ph.D., Praha, 2018.
- [4] V. Koblížek, „Měkké pájení v elektronice“, České vysoké učení technické v Praze, 2019, [Online]. Dostupné z: <https://moodle.fel.cvut.cz/course/view.php?id=3883>.
- [5] D. Filáková, „Technologie pájení přetavením“, Bakalářská práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta aplikované informatiky. Vedoucí práce Ing. Petr Neumann, Ph.D., Zlín, 2010.
- [6] P. Mach, „Pájení v elektronice“, České vysoké učení technické v Praze, bře. 13, 2018, [Online]. Dostupné z: https://moodle.fel.cvut.cz/pluginfile.php/186480/mod_resource/content/1/Pajeni.pdf.
- [7] M. M. Schwartz, Ed., *Soldering: understanding the basics*. Materials Park, Ohio: ASM International, 2014.
- [8] J. Starý a P. Kahle, „Plošné spoje a povrchová montáž“. <https://docplayer.cz/2635621-Ing-jiri-stary-ph-d-ing-petr-kahle-plosne-spoje-a-povrchova-montaz.html> (viděno lis. 19, 2019).
- [9] M. Lauko, „Pájecí slitiny a jejich vlastnosti“, Diplomová práce, České vysoké učení technické v Praze. Fakulta elektrotechnická. Ing. David Bušek, Ph.D., Praha, 2017.
- [10] O. Vídeňský, „Smáčivost povrchových úprav DPS a porovnání metod“, Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Vedoucí práce Ing. Jiří Starý, Ph.D., Brno, 2017.
- [11] V. Uhlář, „Tavidlové zbytky po pájení přetavením“, Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně. Fakulta elektrotechniky a komunikačních technologií. Vedoucí práce Ing. Jiří Starý, Ph.D., Brno, 2012.
- [12] K. Dušek, „PÁJENÍ ÚVOD 2“, České vysoké učení technické v Praze, 2019, [Online]. Dostupné z: https://moodle.fel.cvut.cz/pluginfile.php/204217/mod_resource/content/1/pajeni_uvod_2.pdf.

- [13] J. Hintermüller, „Vliv teplotního profilu u pájení přetavením na tvorbu intermetalických vrstev", Bakalářská práce, České vysoké učení technické v Praze. Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce doc. Ing. Karel Dušek, Ph.D., Praha, 2018.
- [14] K. Dušek, „PÁJENÍ ÚVOD I", České vysoké učení technické v Praze, 2019, [Online]. Dostupné z:
https://moodle.fel.cvut.cz/pluginfile.php/204217/mod_resource/content/1/pajeni_uvod_2.pdf.
- [15] J. Stuna, „Pájecí pasty pro bezolovnaté pájení a jejich vliv na spolehlivost", Diplomová práce, Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce doc. Ing. František Steiner, Ph.D., Plzeň, 2016.
- [16] O. Renza, „Teplotní profil, růst intermetalických vrstev", Bakalářská práce, České vysoké učení technické v Praze. Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce doc. Ing. Karel Dušek, Ph.D., Praha, 2018.
- [17] T. Novák, „Testování pájitelnosti v inertní atmosféře", Západočeská univerzita v Plzni. Katedra technologií a měření., Plzeň, 2008.
- [18] B. O. Novák, „Pájené spoje, růst dendritů", Diplomová práce, České vysoké učení technické v Praze. Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce doc. Ing. Karel Dušek, Ph.D., Praha, 2017.
- [19] J. Franko, „Technologie pájení a vodivého lepení", Bakalářská práce, Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Ing. Martin Hirman, Plzeň, 2016.
- [20] J. Novotný, „Testování pájitelnosti pomocí Concoat MUST SYSTEM II.", Bakalářská práce, Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Ing. Tomáš Novák, Plzeň, 2012.
- [21] H. S. Linch, „Aging effects on the microstructure, surface characteristics and wettability of Cu pretinned with Sn-Pb solders", University of California. Department of Materials Science and Mineral Engineering., Kalifornie, 1993.
- [22] G. Becker, „Scanning the Solderability of a Surface", *Welting Journal*, č. Welding research supplement, s. 5, 1981.
- [23] ABE.TEC, s.r.o., „Testování pájitelnosti v praxi - smáčení součástek", *SMTcentrum - služby v oblasti pájení*. <http://www.smtcentrum.cz/pajeny-spoj-pajitelnost/testovani-pajitelnosti-v-praxi-smaceni-soucastek/> (viděno pro. 22, 2019).
- [24] K. Dvořáková, „Měření pájitelnosti metodou smáčecích vah", Bakalářská práce, České vysoké učení technické v Praze. Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce doc. Ing. Karel Dušek, Ph.D., Praha, 2013.
- [25] K. Suganuma, „Advances in lead-free electronics soldering", *Current Opinion in Solid State and Materials Science*, roč. 5, č. 1, s. 55–64, led. 2001, doi: 10.1016/S1359-0286(00)00036-X.

- [26] „Bezolovnatá pájecí pasta s nízkým bodem tání Sn42Bi58", *HotAir.cz*. <https://www.hotair.cz/detail/pasty-ciny-lepidla/cinove-pasty/bezolovnata-pajeci-pasta-s-nizkym-bodem-tani-sn42bi58-500g.html> (viděno pro. 23, 2019).
- [27] GM electronic, s.r.o., „Pájecí kapalina F1", *GM electronic*. <https://www.gme.cz/tavidlo-f1-30ml> (viděno pro. 23, 2019).
- [28] GM electronic, s.r.o., „Pájecí kapalina NEUTRÁLNÍ". <https://www.gme.cz/pajeci-kapalina-ne-30ml> (viděno pro. 23, 2019).
- [29] D. Bušek, M. Plaček a D. Růžička, „Wetting balance test — Comparison of solder alloys wetting", in *2017 40th International Spring Seminar on Electronics Technology (ISSE)*, Sofia, Bulgaria, 14.5 2017, doi: 10.1109/ISSE.2017.8000923.
- [30] G. Tomek a V. Vávrová, *MARKETING MANAGEMENT*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 1999.
- [31] J. Dušek, „Marketingová strategie - uvedení výrobku na trh", Diplomová práce, České vysoké učení technické v Praze. Fakulta elektrotechnická. Vedoucí práce Ing. Tomáš Podivínský, Praha, 2008.
- [32] V. Koblížek, J. Hájek, J. Petr a J. Urbánek, „Historie katedry elektrotechnologie", *Katedra Elektrotechnologie, České vysoké učení technické v Praze, FEL*. <https://technology.fel.cvut.cz/o-nas/historie/> (viděno lis. 27, 2019).
- [33] R. Bortel, K. Dušek, J. Hospodka, D. Bušek a P. Veselý, „Ruční dávkovač pastovitých látek".
- [34] M. Zamazalová a kol., *Marketing*. C. H. Beck, 2010.
- [35] „Branchenstrukturanalyse", *Wikipedia*. led. 10, 2020, Viděno: úno. 19, 2020. [Online]. Dostupné z: <https://de.wikipedia.org/w/index.php?title=Branchenstrukturanalyse&oldid=195681017>.
- [36] Amtech, „MUSASHI MS-1 / MS-1D SmartShot - nová generace ručních dispenzerů.", *AMTECH, s r.o. - Váš specialista na SMT technologie, automatizaci a robotiku*. <https://www.amtech.cz/blog/novinky/musashi-ms-1-ms-1d-smartshot-nova-generace-rucnich-dispenzeru> (viděno bře. 04, 2020).
- [37] „Overseas Branch guiding | Musashi Engineering, Inc." <http://www.musashi-engineering.co.jp.e.cn.hp.transer.com/company/global.html> (viděno bře. 04, 2020).
- [38] „High efficiency ECO Dispenser SMART SHOT MS-1/MS-1D | Musashi Engineering, Inc." http://www.musashi-engineering.co.jp.e.cn.hp.transer.com/products/099_3-1-1-11.html (viděno bře. 14, 2020).
- [39] „About Us - Fisnar". <https://www.fisnar.com/about/> (viděno bře. 14, 2020).

- [40] „JD927 FISNAR - Dávkovací pistole | pro stříkačky; FIS-JD927-30 | TME Czech Republic s.r.o. - Elektronické součástky". <https://www.tme.eu/cz/details/fis-jd927-30/davkovace/fisnar/jd927/> (viděno bře. 01, 2020).
- [41] „JD927-10 FISNAR - Dávkovací pistole | pro stříkačky 10 ml; FIS-JD927 | TME Czech Republic s.r.o. - Elektronické součástky". <https://www.tme.eu/cz/details/fis-jd927/davkovace/fisnar/jd927-10/> (viděno bře. 01, 2020).
- [42] „SL101N FISNAR - Číslicový dávkovač | 0,01÷9999s; 230VAC; Zobrazovač: LED; FIS-SL101 | TME Czech Republic s.r.o. - Elektronické součástky". <https://www.tme.eu/cz/details/fis-sl101/davkovace/fisnar/sl101n/> (viděno bře. 01, 2020).
- [43] „JB1113N FISNAR - Analogový dávkovač | Režimy práce: nepřetržitý, impulsní; 230VAC; FIS-JBE1113 | TME Czech Republic s.r.o. - Elektronické součástky". <https://www.tme.eu/cz/details/fis-jbe1113/davkovace/fisnar/jb1113n/> (viděno bře. 01, 2020).
- [44] „PBT Works". <https://www.pbt.cz/cz/dodavatele/pbt-works> (viděno bře. 14, 2020).
- [45] „Mechanický dispencer UNIFROG | Internetový obchod PBT Rožnov p.R., s.r.o." <https://eshop.pbt.cz/z6238-mechanicky-dispencer-unifrog> (viděno bře. 14, 2020).
- [46] „Ruční dispenser UNIFROG". PBT Rožnov p.R., s.r.o.
- [47] M. Karlíček a kol., *Základy marketingu*, 2., přepracované a rozšířené vydání. Praha: Grada Publishing, a.s., 2018.
- [48] P. Veselý, K. Dušek, D. Busek, J. Sedláček, R. Bortel, a J. Hospodka, „Development of Low-Cost Solder Paste Hand Dispenser", říj. 2019.
- [49] „Filamenty - Prusa Research". <https://shop.prusa3d.com/cs/16-filamenty> (viděno bře. 19, 2020).
- [50] P. Kotler a K. L. Keller, *Marketing management*, 14. vydání. Grada Publishing, a.s., 2013.
- [51] Český statistický úřad, „Aktuální populační vývoj v kostce". <https://www.czso.cz/csu/czso/aktualni-populacni-vyvoj-v-kostce> (viděno bře. 27, 2020).

Přílohy

Příloha 1 – Citlivostní analýza výrobních nákladů v závislosti na počtu vyrobených kusů za rok metodou vstřikolisu.

