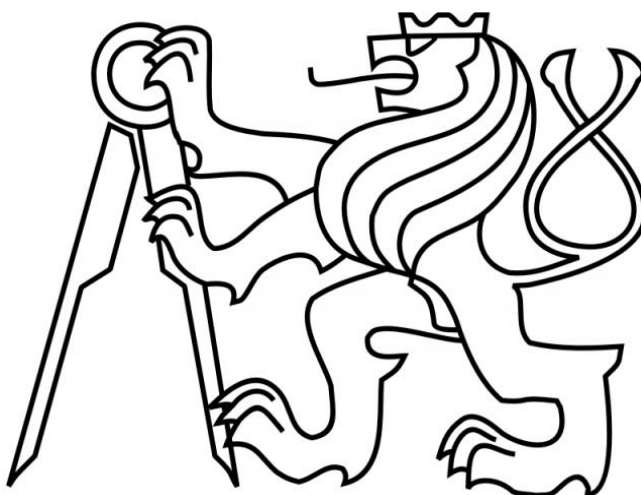


**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

**KATEDRA ELEKTROTECHNOLOGIE**



**NÁVRH A REALIZACE ZAŘÍZENÍ PRO ODPÁJENÍ SMT SOUČÁSTKY Z DESKY  
PLOŠNÉHO SPOJE**

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**ANTONÍN ŠILER**

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

2011

České vysoké učení technické v Praze  
Fakulta elektrotechnická

Katedra řídicí techniky

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Antonín Šiler**

Studijní program: Elektrotechnika a informatika (bakalářský), strukturovaný  
Obor: Kybernetika a měření

Název tématu: **Návrh a realizace zařízení pro odpájení SMT součástky z desky plošného spoje**

Pokyny pro vypracování:

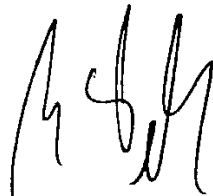
1. Seznamte se s technologií pájení a s možnými způsoby oprav vadných součástek na desce plošného spoje.
2. Navrhněte zařízení, které v peci samostatně odpájí SMT součástku z desky plošného spoje s ohledem na různé rozměry pouzder součástek.
3. Zařízení pro odpájení realizujte a odzkoušejte.
4. Popište použitelnost navrženého zařízení v praxi.

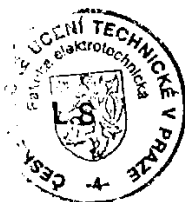
Seznam odborné literatury:

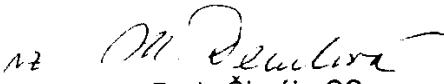
- [1] MACH P., SKOČIL V., URBÁNEK J.: Montáž v elektrotechnice, ČVUT Praha, 2001  
[2] ABEL M., CIMBUREK V.: Bezolovnaté pájení v legislativě i praxi, ABE.TEC, Pardubice 2005, ISBN 80-903597-0-1

Vedoucí: Ing. Karel Dušek

Platnost zadání: do konce letního semestru 2010/2011

  
prof. Ing. Michael Šebek, DrSc.  
vedoucí katedry



  
prof. Ing. Boris Šimák, CSc.  
děkan

V Praze dne 15. 9. 2010

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci (Návrh a realizace zařízení pro odpájení SMT součástky z desky plošného spoje) vypracoval samostatně za odborného vedení vedoucího bakalářské práce Ing. Karla Duška, Ph.D. a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, SW atd.) uvedené v příloženém seznamu.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 25.5.2011

*Antonín Giler*  
.....

Podpis

## Poděkování:

Dovoluji si poděkovat mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Karlu Duškovi, Ph.D. za poskytnutí konzultací, odbornou pomoc při návrhu a realizaci zařízení pro odpájení SMT součástky z desky plošného spoje a užitečné rady při vypracování této bakalářské práce. Také děkuji Katedře elektrotechnologie za možnost vyzkoušení funkčnosti mého zařízení v různých typech pecí.

Dále děkuji svému otci, že mi umožnil ve své firmě na stroji „Řezání vodním a hydroabrazivním paprskem“ a dalších strojích konstrukci zařízení. Poděkování patří také celé mé rodině, že mě podporovala při mém studiu.

Děkuji všem,

Antonín Šiler

## Anotace:

Cílem této práce je seznámit se s technologií pájení a s možnostmi oprav povrchových součástek na desce plošného spoje. Hlavním cílem této práce je ovšem navrhnout a zkonstruovat zařízení, které by po zahřátí odstranilo součástku z desky plošného spoje, respektive odstranilo součástku z roztavené pájky a separovalo tak součástku od desky plošného spoje.

Zařízení musí být ale schopno odpájet celou řadu různě velikých součástek - od malých odporů až po velké SMD součástky. Hlavně musí být schopno odpájet součástky, které mají hodně vývodů u kterých je velice problematické ruční odpájení.

Toto zařízení musí být dostatečně malé, aby se dalo použít pro průchod průběžnou pecí a tak bylo schopno rychle odpájet dané součástky. Dále by mělo být značně jednoduché, aby bylo cenově dostupné, mechanicky a teplotně odolné.

V neposlední řadě práce obsahuje popis a možnost použití navrženého zařízení v praxi a mnou vytvořené výkresy zařízení.

## Annotation:

The main aim of my work was to get knowledge about the technology of soldering and also with the possibilities of exchanging SMD components on a DPS. I was also supposed to design and construct a device that has to remove a component from the printed circuit board after heating it up. In the other words it must remove the component from the molten solder and then separate the component from the printed circuit board.

The device must also be able to unsolder big scale of components of different sizes, from the small resistors to big SMD components. Mainly it has to be able to unsolder the components that have a lot of terminals because in that case is very difficult to do it manually.

The machine must be small so it can be used for transit through the continuous furnace and than it can unsolder also the components quickly. Next it should be simple, not so expensive, mechanically and thermally resistant.

Last but not the least thing is that this work includes the description and the possibility of use of this new equipment in practice and also drawings of the developed device.

## Obsah:

Anotace.....	5
Obsah.....	6
Seznam použitých symbolů a zkratk.....	7
1. Úvod.....	8
2. Způsob pájení.....	9
3. Pájka jako slitina.....	10
3.1 Kovy, které tvoří příměsi a zpravidla zhoršují kvalitu pájky .....	11
3.2 Procesy, při kterých je pájka znečištěna.....	12
3.3 Pájky, které neobsahují olovo.....	12
3.4 Slitiny bez olova.....	13
4. Tavidla.....	14
4.1 Rozdělení tavidel.....	14
5. Technologie pájení.....	15
5.1 Ruční pájení.....	15
5.2 Strojní pájení.....	16
6. Metody pájení.....	17
6.1 Pájání vlnou.....	17
6.2 IR pájení.....	18
6.3 Horkovzdušné pece.....	19
6.4 Pájání v parách.....	19
6.5 Porovnání metod pájení.....	20
7. Kontrola DPS v technologii.....	22
8. Opravy součástek.....	23
9. Způsoby odpájení.....	24
9.1 Odpájení pomocí odsávaček.....	25
9.2 Odpájecí stanice.....	26
9.3 Rework stanice.....	26
9.4 Odpájení pomocí „Pick-up trojnožky“ .....	27
10. Výroba zařízení pro odpájení SMD součástek.....	29
10.1 Výroba prvního zařízení.....	29
10.2 Výroba druhého zařízení.....	30
10.3 Výroba třetí upínací hlavy pro uchycení SMD součástky.....	33
10.4 Výroba čtvrté upínací hlavy pro uchycení SMD součástky.....	34
10.5 Výroba páté a poslední upínací hlavy pro uchycení SMD součástky.....	36
11. Použitelnost navrženého zařízení v praxi.....	38
11.1 Použití.....	40
12. Závěr.....	39
13. Použité zdroje.....	40
14. Seznam příloh.....	42

## Seznam použitých symbolů a zkratk:

THT-	Skrzděrová montáž
SMD-	Označení součástky pro povrchovou montáž
SMT-	Technologie povrchové montáže součástek na desku plošného spoje
DPS-	Deska plošného spoje
AOI-	Automatická optická inspekce
RTG-	Rentgenové zařízení
Sn-	Cín
Pb-	Olovo
°C-	Stupeň Celsia
Fe-	Železo
As-	Arsen
Ni-	Nikl
Bi-	Vizmut
Cu-	Měď
Zn-	Zinek
Al-	Hliník
Ag-	Stříbro
Au-	Zlato
Cd-	Kadmium
BGA-	Typ pouzdra integrovaného obvodu s mnoha vývody na spodní straně „Ball grid array“
IR-	Infračervená

# 1. Úvod

V elektrotechnice bylo již od počátku nutné vytvořit elektrický spoj, který se dříve výhradně prováděl pomocí šroubových spojů. Tyto elektrické spoje měly a mají zajistit elektrické a částečně mechanické spojení mezi dvěma spojovanými díly. Určitě ale tyto spoje nenahrazují mechanické spoje a proto nemají být namáhány, i když se to občas děje. Po období, kdy se používaly výhradně šroubové spoje, přišly na řadu spoje pájené. Na začátku probíhalo pájení tím způsobem, že se jednotlivé vodiče připojovaly pomocí pájecích oček k izolované podložce, čím se vytvořil elektrický obvod. Zrychlení práce pomocí mechanizace nebylo možné, protože každý spoj byl unikátní a musel se provést manuálně. Na začátku používání desek plošného spoje byly součástky připájeny ručně a vývodové součástky byly provlékány, ohýbány a pájeny též ručně. Při procesu pájení je nutné věnovat značnou pozornost typu pájky i samotnému pájení, neboť na tom závisí významně konečná kvalita celkového výrobku.

Ke zdokonalení, zrychlení a odstranění lidského faktoru technologie pájení bylo potřeba automatizovat výrobu. Proto na začátku 60. let 20. století se začalo používat pájení ponorem a vlnou, čímž poklesly náklady na výrobu a zvýšila se spolehlivost pájeného spoje. Při práci s touto technologií byly postupy ke konci 90. let 20. století odladěny, s použitím olovnatých pájek, přičemž od 70. let 20. století se začala používat nepájivá maska, která zabránila proniknutí pájky tam, kde jí není zapotřebí. Nástup technologie SMT rozvinul pájení pomocí přetavení. To se provádí tak, že nejprve se nanese pasta na desku s plošnými spoji, dále se deska osadí součástkami a v posledním kroku se deska zahřeje, pasta se přetaví a tím vznikne pájený spoj.

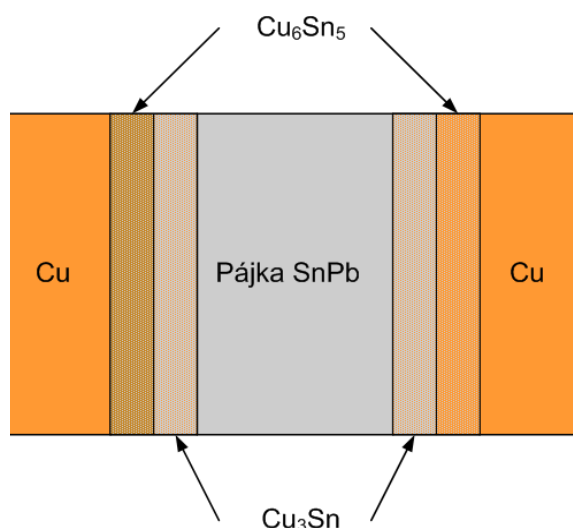
Vzhledem k ekologickým aspektům ochrany životního prostředí je postupně z elektrotechnického průmyslu vytlačována olovnatá pájecí slitina. Právě díky obsahu olova je tato slitina z ekologického hlediska nežádoucí a je nahrazována bezolovnatými pájecími slitinami. S bezolovnatou pájkou jsou spojeny určité komplikace, se kterými se musí daný výrobce vypořádat. Tyto pájky mají odlišné vlastnosti a tak musí být procesy pájecích technologií upraveny tak, aby měly požadovaný výsledek jako u olovnatých pájek. Z tohoto důvodu se v některých odvětvích elektrotechnického průmyslu, kde jsou kladené vyšší nároky na spolehlivost (lékařský, automobilový, kosmický, vojenský průmysl), používá stále „klasická“ cín-olovnatá pájka.



## 2. Způsob pájení

Pájení je metalurgický proces, při kterém dojde ke spojení dvou částí stejného nebo různého kovu, především slitin mědi. Při tomto procesu nesmí být teplota ohřevu větší než teplota, při které by spojované materiály přešly do kapalného stavu. U svařování musí být teplota tak velká, aby roztavila všechny tři materiály, které se musí řádně propojit a svár měl dobré mechanické i elektrické vlastnosti. U pájení se roztaví pouze pájka, která spojí dané dvě nebo více součástí k sobě. V elektrotechnice se výhradně používá toto *měkké* pájení, které je do maximální teploty 450°C. Při překročení této teploty by šlo o pájení *tvrdé*.

Při pájení vzniká pájený spoj na rozmezí mezi pájkou a pájeným předmětem nebo předměty viz *obr. 1*



**Obr. 1:** Pájený spoj (vznik intermetalických vrstev) [1]

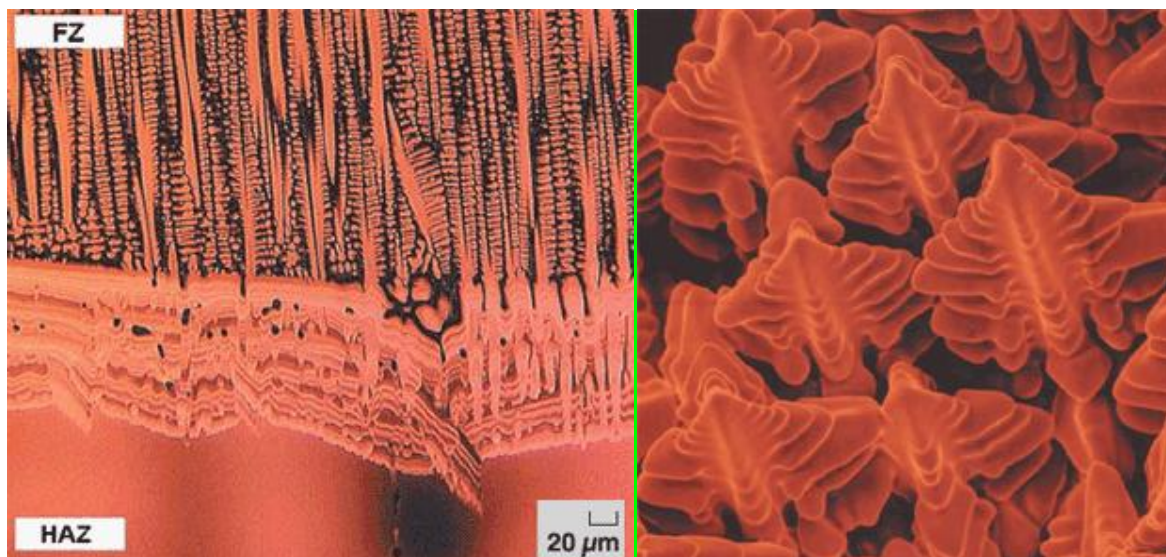
Na obrázku vidíme vznik vrstvy Cu<sub>3</sub>Sn a Cu<sub>6</sub>Sn<sub>5</sub> na rozhraní pájky a mědi při použití olovnaté pájky (SnPb). Vrstva bližší k mědi je pájivá, tudíž vytvořený spoj nijak moc neovlivní. Naopak sloučenina bližší k pájce je nepájivá a vytvoří povlak, který je tvořen krystaly, tvořící se při teplotě 186°C. Vytvořený spoj s touto vrstvou by způsobil problémy se smáčivostí povrchu. Omezení tohoto vlivu se provede tím, že tloušťka vrstvy bude minimálně 3μm.

### 3. Pájka jako slitina

Pájka je nejčastěji vytvořena z kovu, nebo slitinou z eutektika. To je směs, která je za normálních podmínek tuhá a skládá se ze dvou nebo více kovů, přičemž se krystaly všech kovů musí tvořit současně. V nejideálnějším a pro nás většinou nejlepším případě je poměr kovů takový, aby teplota tavení byla co nejnižší, a to je právě eutektický bod. Pokud se nám slitinu doopravdy podaří namíchat takto, tak nám vznikne čisté eutektikum.

Pro elektrotechnické účely se používají pájky z těžkých kovů, které mají nízkou teplotu tání. Ve většině případů ještě najdeme na DPS pájku, která je složena z Sn-Pb. Všechny pájky ale v sobě mají příměsi a to v některých případech žádoucí (fosfor, antimon, stříbro, zlato), nebo nežádoucí, které jsou v pájce obsaženy již při těžbě tím, jak se utvářely, nedokonalým čištěním a separováním (tyto příměsi tvoří jen malou část) a při procesu pájení. Pokud ale obsahuje pájka předem zmíněnou žádoucí příměs, tak to znamená, že se jedná o třísložkovou slitinu.

Pájky, které se ještě dodnes hodně používají a to jen proto, že ve východních státech (např. Čína) neberou moc ohled na životní prostředí, přičemž nejvíce elektrotechnického zboží, které využívá převážně dříve zmíněné Sn-Pb, přichází právě odsud. Pro dosažení eutektického bodu u těchto výše zmíněných pájek musí být zachován poměr 62-63%Sn a 38-37% Pb, tím se dosáhne teplota tání okolo 180-185°C. Tato pájka se používá hlavně též hlavně proto, že jako jediná přejde do kapalného stavu v jednom okamžiku. Při dodržení mnoha technologických postupů (nepřepálení pájky, chladnutí a další) vytvoříme krystalickou strukturu složenou z malých zrn zhruba stejné velikosti, které budou náhodně uspořádány, a tím bude mít spoj maximální pevnost a elektrickou vodivost. Pokud ale budeme mít mnoho nežádoucích příměsí (např. hliník, zinek), vznikne nám ve spoji dendridická struktura viz *obr. 2*, která nám zhorší vlastnosti spoje a to pórznost a tekutost.



**Obr. 2:** Vlevo) Rozhraní dvou oblastí: oblast, která je bez postihu (dole), oblast která je zaplněna dendrity;

Vpravo) Dendrity při přiblížení [11]

### 3.1 Kovy, které tvoří příměsi a zpravidla zhoršují kvalitu pájky

Jak už bylo jednou řečeno, tak pájka se nikdy neskládá jen ze dvou kovů (Sn-Pb). Je v ní vždy zastoupeno mnoho příměsí i jiných kovů. Tento obsah je jen velice malý a tvoří ho zpravidla méně jak 0,8% všech příměsí. Přesto, že je obsah takto malý, významně ovlivňuje spoj. Tyto vlastnosti se projevují hlavně u strojního pájení, kde se pájí všechny spoje najednou, a stroj nemá zpětnou kontrolu o výsledku činnosti. Vlastnosti spoje jsou dány hlavně pevností, smáčivostí a pájitelností.

Kovy uvedené níže, znehodnocují pájku různými způsoby:

- **Au** - při velké příměsi zlata se nám zvýší značně zrnitost a tedy i křehkost, která nám nadále může způsobit např. vypadávání součástek.
- **Ag** – vysoký obsah stříbra ovlivní vzhled pájky (povrch není tak světlý a bez tak známého lesku). Přiměřené množství stříbra v pájce pozitivně ovlivňuje její vlastnosti- zapříčiňuje nerozpouštění jiných kovů (např. Cu).
- **Zn, Al** - při přítomnosti těchto dvou kovů se stává pájka velice pórzní a špatně nám teče a zatéká do předem připravených otvorů, též při ní vznikají dendritické struktury. Tato nežádoucí vlastnost se začne projevovat při mezní hranici, u zinku je mezní hranice 0,001%, u hliníku 0,05%.

- **Cu** - pokud je v pájce zastoupen tento kov více jak 0,1%, pájka se stane, jak už to bylo i u zlata, hrubozrnná, tím křehká a ještě navíc tvrdá. Měď se do pájky dostane velice jednoduchým způsobem při strojním pájení (např. pájení vlnou).
- **As, Ni** - nám vytváří v pájce sloučeniny, které mají podobný tvar jako puchýřky a navíc u niklu se ještě špatně rozpouštějí.
- **Fe, Cd** - způsobuje strukturu, která je charakteristická pískovitou strukturou, přičemž limitní obsah je 0,01%. Příčinou tohoto jevu je mnohem vyšší teplota tání železa a kadmia.

### 3.2 Procesy, při kterých je pájka znečištěna

Předem již čistá pájka bývá nejvíce znečišťována přímo v procesech technologie. Jak bylo již zmíněno předtím, tak nejčastěji se tak děje ve strojním pájení. Při tomto procesu např. při pájení vlnou je pájka unášena velikou rychlostí a tak vymývá a rozpouští povlaky na vývodech součástek. Tyto povlaky jsou na součástkách pro lepší smáčivost. Při pozlacení vývodů součástek se musí zlato rychle rozpouštět, aby se propojilo s druhým materiálem a proto se též uvolňuje do pájky. Tyto sloučeniny pak pájku znehodnocují a vykazují takové vlastnosti, které jsem již zmínil. Další znečištění je například při pádu nedokonale zastrčené součástky do lázně atd.

Nynějším kritériem pro rozdělení pájek je, jak už bylo zmíněno předtím, na bezolovnaté, které se musí používat ve většině odvětví (mimo např. medicínských zařízení, kde velmi záleží na kvalitě), aby se dodrželi normy kvůli životnímu prostředí a pak na historicky starší olovnaté, které jsou nebezpečné pro životní prostředí, ale mají lepší vlastnosti a hlavně tyto vlastnosti jsou již dobře známé a v dnešní době levné.

### 3.3 Pájky, které neobsahují olovo

Vzhledem ke škodlivosti olova se tyto druhy pájek nesmí používat, proto se přechází na bezolovnaté pájky, kde se použijí jiné typy slitin. Na bezolovnaté pájky se kladou tato nejdůležitější kritéria:

- cenová dostupnost
- netoxičnost
- nízká teplota pájení

- snadnost výroby
- dokonalost spoje
- odpovídající smáčivost

### 3.4 Slitiny bez olova

Při použití bezolovnatých pájek se prosadilo několik slitin, které mají alespoň podobné vlastnosti, které jsou výše vyjmenované a funkcí podobné olovnaté pájce. Jsou to například tyto slitiny:

- Sn-Ag – Tato slitina byla dříve velice používaná, ale pro cenovou dostupnost stříbra a též pro špatné vlastnosti smáčení a velice špatném použití ve formě pasty se již tolik nevyužívá.
- Sn-Ag-Bi – Tato slitina s příměsí vizmutu má menší teplotu tání a dobrou smáčivost proti první slitině
- Sn-Ag-Cu – Slitina tohoto složení je nyní nejvýznamnější. Malý přídavek mědi vyvolá u slitiny mnoho užitečných vlastností, nejdůležitější je dobrá smáčivost a nižší teplota tání.

## 4. Tavidla

Tavidla použitá při pájení nám za prvé očistí pájený spoj od oxidů a jiných nečistot a za druhé nám zlepší smáčivost pájky. Při zahřátí pájky na teplotu tání se nám tavidlo rozprostře po celém obvodu pájky, tím ji chrání před oxidací a též příznivě ovlivní roztékání a proniknutí do předem připravených otvorů. Nakonec po pájení zbudou zbytky tavidel kolem a částečně na povrchu pájky. To je ale z ohledů ekologických a někdy i hygienických a estetických nepřijatelné a proto je po pájení nutné tyto zbytky odstranit, toto bývá obvykle nákladný a dost nesnadný úkol.

Tavidlo, které by bylo dokonalé a nemuselo by se po něm odstraňovat zbytky, a zároveň by výborně plnilo dané požadavky, neexistuje. Buď se musíme rozhodnout pro volbu, která bude pro proces pájení lepší, ale za drahou cenu čištění, nebo se spokojíme s tavidlem, které nemá tak dobré vlastnosti, ale nemusíme po něm nákladně uklízet DPS.

### 4.1 Rozdělení tavidel

Tavidla můžeme rozdělit podle typu do základních třech kategorií.

- a) Pryskyřičná tj. kalafuna nebo umělá pryskyřice.
- b) Organická, která je buď vodou rozpustná, nebo nikoliv.
- c) Anorganická za pomoci solí, kyselin nebo zásad.

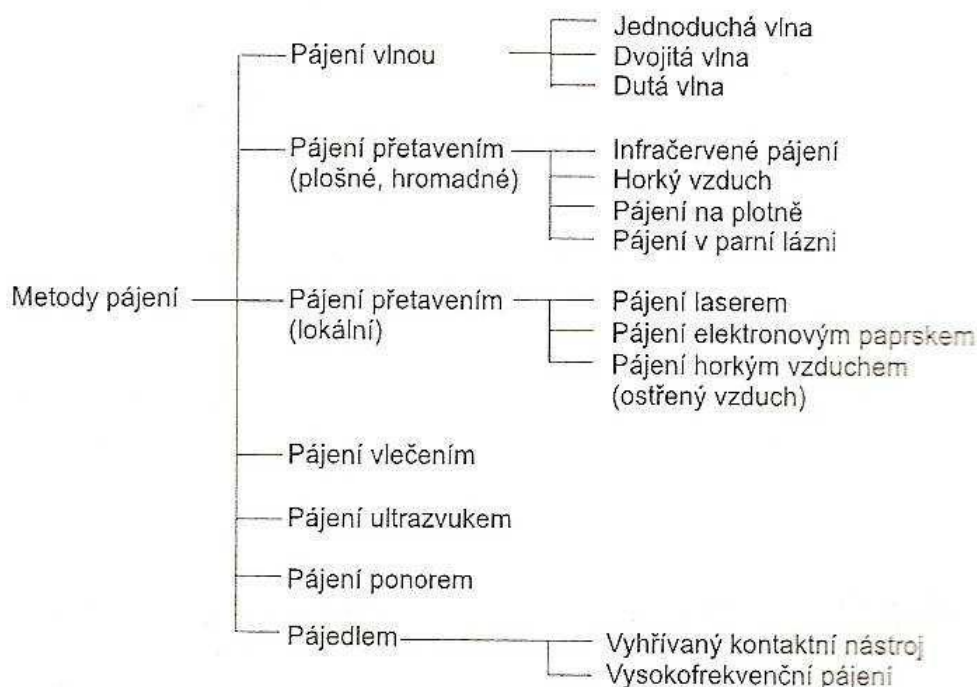
Tyto typy tavidel se prodávají (nebo se některé dají vyhledat i v přírodě) buď jako pevná látka, roztok, který se stříká před samotným pájením a nebo jako pasta.

Jiné dělení tavidel je na oplachová a bezoplachová. U oplachových tavidel se musí DPS opláchnout pomocí dalšího stroje a tím se velmi zvýší náklady. Oplachování se provádí vodou, kyselinami nebo zásadami, to záleží na typu pájedla, který použijeme. Další náklady vzniknou ve spojitosti s čištěním odpadu, který vznikne z oplachu. Bezoplachová tavidla jsou založena na takovém principu, že při teplotě pájení vysublímují a není je tedy zapotřebí oplachovat.

## 5. Technologie pájení

V nynější době je na výběr z mnoha pájecích technik. To je zapříčiněno tím, jak se techniky vyvíjely. Z počátku byly elektronické systémy pájeny ručně pomocí pájedla. Poté se začaly vyrábět desky plošných spojů a tak bylo vytvořeno pájení vlnou a vlečením. S hromadnou výrobou a nástupem SMT technologie, byly zaváděny nové technologie pájení - infračervené pájení, pájení laserem, pájení horkým vzduchem, pájení v parách.

Prolínání těchto technologií je veliké a vznikají tak další a další techniky. Typický dnešní přehled vidíme na *schématu č. 1*



**Schéma č. 1: Metody pájení [2]**

### 5.1 Ruční pájení

Nejjednodušším typem pájení je ruční. Jak už z názvu vyplývá, tak není použita žádná speciální technika a to ať strojní vybavení či postup procesu. Použití je velice jednoduché a provádí se následujícím způsobem. Přístroj, který se nazývá neodborně páječka viz *obr. 3* je použit jako zdroj tepla a to takovým způsobem, že např. trafo, které je zabudováno uvnitř, se převede vysoké napětí na nízké a tím získáme proud velké hodnoty protékající

uzavřenou smyčkou na konci páječky (nebo na tomtéž obrázku vidíme hrotovou páječku, u které řídí přesnou teplotu mikroprocesor). Takto vznikne bodový zdroj tepla, který zahřeje a roztaví cín. Chceme-li něco připájet, tak postup je takový, že na konec smyčky (hrot) přiložíme drátek (trubičku) cínu, který se roztaví, a pak přiložíme tzv. kalafunu. Kalafuna je, jak již bylo řečeno, silice z pryskyřic jehličnatých stromů, která při pájení očistí plochy spojů a vytváří v blízkém okolí ochranný prostor zamezující přístup vzduchu. Takto připravený hrot přiložíme k místu pájení a spoj připájíme. Po dostatečném připojení k součástce hrot oddálíme a spoj necháme vychladnout. Jelikož takto udělaný spoj je velice špatně reprodukovatelný, neboť daný pracovník není schopen při pájení dodržet správnou teplotu (jen při použití transformátorové páječky), čas, množství přivedené pájky a tavidla a další věci s tímto spojené. Proto je toto ruční pájení vhodné spíše k různým rychlým opravám, kde by bylo naopak složité programovat různé pájecí automaty, též k domácímu použití (hoby).



**Obr. 3:** Vlevo: Transformátorová páječka

Vpravo: Hrotová páječka [3]

## 5.2 Strojní pájení

Strojní pájení jako takové je založeno na faktu, že při všech operacích není zastoupen člověk, ale stroj. Z toho vyplývá, že všechny připájené spoje jsou stejné a mají stejné parametry a tedy i vlastnosti. Začátek strojního pájení je spojen s povrchovou montáží součástek, přičemž tyto součástky jsou nejčastěji pájeny vlnou. Před začátkem 90. let 20. století bylo pájení též ovlivněno počátkem miniaturizace a tím pádem změnami vývodů součástek. Proto byla zavedena nová technologie a to pomocí pájecí pasty. Též, aby byly splněny kvality daných spojů, musely se zlepšit i čistící postupy.

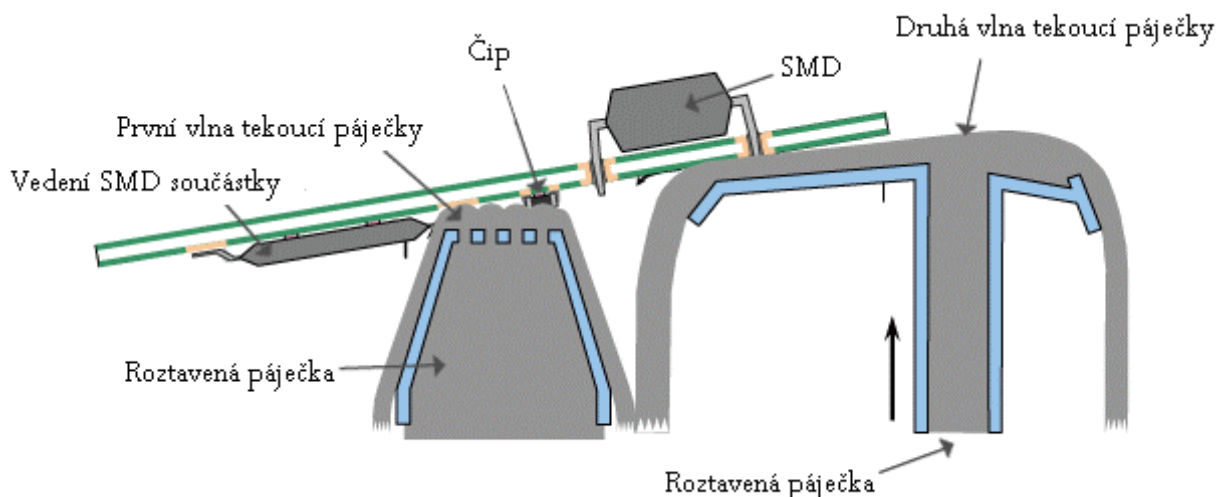


## 6. Metody pájení

### 6.1 Pájení vlnou

Tento způsob pájení byl vyvinut jako jeden z prvních, který se začal používat k výrobě hromadného pájení viz *obr. 4*. Aby pájený spoj byl dostatečně kvalitní, musí se na desku před pájením provést ještě další technologické operace. Tímto způsobem se dá pájet jak ručně, tak strojně. Pokud použijeme strojní pájení, průběh je následující:

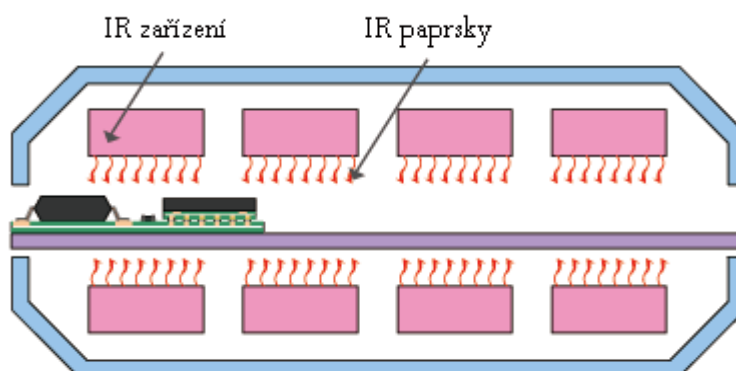
1. Deska musí být nejprve tzv. aktivována. To znamená, že deska musí být připravena pro pájení a to tím způsobem, že se musí odstranit oxidy, které jsou při procesu pájení velice nežádoucí. Dá se toho dosáhnout třemi základními typy:
  - a) Pomocí ultrazvukové dezoxidace, ta pro zjednodušení odstraňuje oxidy tím způsobem, že při ultrazvukové kavitaci vznikají dutinky v kapalině, poněvadž v okolí dochází k velikému lokálnímu podtlaku, který vznikne za předpokladu akustického vlnění částic. Takto se odstraní nečistoty a oxidy na spojích.
  - b) Pomocí dezoxidaci plasmou nebo reaktivními plyny. Tato technologie se teprve vyvíjí, protože není zcela známa, jaká je výsledná kvalita spoje.
  - c) Poslední a to asi nejčastěji používanou metodou je chemická dezoxidace, při které se pomocí tavidel mění oxidy na soli, které pájka vyplaví. Nevýhodou této metody je nutnost odstranit zbytky tavidel a součástka musí být do lázně nořena pomalu a tím je proces delší.
2. Deska se musí rovnoměrně předeřhřát na teplotu 100°C-200°C podle použitých materiálů, aby nedošlo k teplotnímu šoku. Předeřev se uskuteční například teplým vzduchem, topnými deskami atd. U chemické dezoxidace musí být tavidlo lepkavé.
3. Při vlastním pájení je roztavená slitina pájky hnaná proti plošnému spoji, která při ochlazení desky vytvoří pevné kontakty mezi součástkami a deskou.



**Obr. 4:** Pájení vlnou [12]

## 6.2 IR pájení

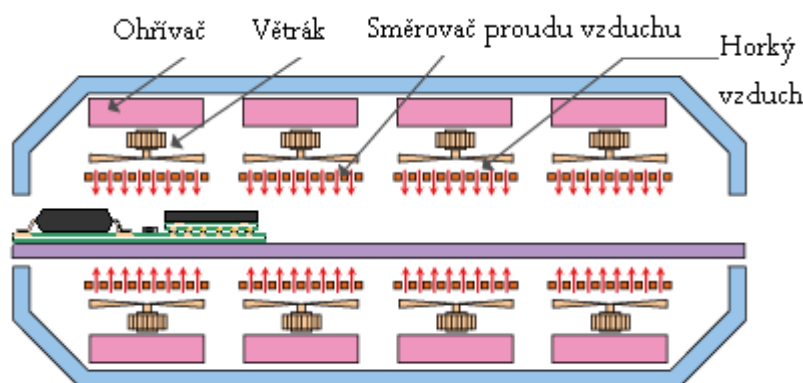
Toto pájení využívá IR záření z topných těles či zářičů jako zdroj tepla pro přetavení pájecí pasty viz *obr. 5*. Proces probíhá tak, že se nanese pájecí pastu na desku, tam kde budou vývody součástek a to pomocí dávkovače, který nám pastu vytlačuje ze zásobníku do injekčního nástavce a dále na DPS. Další krok spočívá v osazení daných součástek do předem připravené pasty. Pasty nesmí být moc, aby se kontakty nezačaly propojovat mezi sebou a ne tak málo, aby součástka byla dostatečně připájena. Po usazení všech součástek položíme desku s plošnými spoji a osazenými součástkami na dostatečnou dobu pod IR zářič, aby se pájecí pasta přetavila. Při přetavování, když se stane pasta kapalnou, bude plnit funkci pájky, tak díky povrchovému napětí, které vzniká v kapalném prostředí, vystředí dané součástky, které nebyly přesně usazeny. Nemůžeme si ale myslet, že špatně položená součástka se vystředí, poněvadž tyto posuny jsou jen minimální.



**Obr. 5:** IR pájení [12]

## 6.3 Horkovzdušné pece

Tato metoda je velice podobná IR pájení, ale to jen do té doby, než se osazená deska s pájecí pastou a součástkami dostane do pece, tam již dochází k jinému procesu. V peci dochází k přenosu tepla nuceným prouděním a to za pomoci vzduchu viz *obr. 6*. Daný zdroj (např. topná spirála) předává teplo svému okolí, které tvoří z velké části vzduch a ten je pomocí dostatečně silných větráků přiváděn do pece. V peci se dostatečně teplý vzduch dostane k desce a to ze všech stran. Z toho vyplývá, že by se mohly na některých typech pecích pájet takové desky, které jsou osazené z obou stran. Navíc, tím, jak je teplý vzduch do pece vháněn velkou rychlostí, vzduch ohřeje všechna místa rovnoměrněji a dojde tak k lepšímu prohřátí celé desky oproti IR pájení. Tam právě různé povrchy součástek různě absorbují záření (kovová součástka odráží záření více, než plastová), proto je u IR problém s rovnoměrným ohřevem. Když se podíváme na rozdíly těchto dvou podobných metod, tak zjistíme, že až na delší čas a větší spotřebu energie je lepší použít horkovzdušnou pec. Dají se totiž lépe ovládat teploty a to až z pohledu rychlosti, tak přesností. Další výhodou může občas být pájení z obou stran najednou, nižší pořizovací cena a za poslední rovnoměrnější prohřátí.

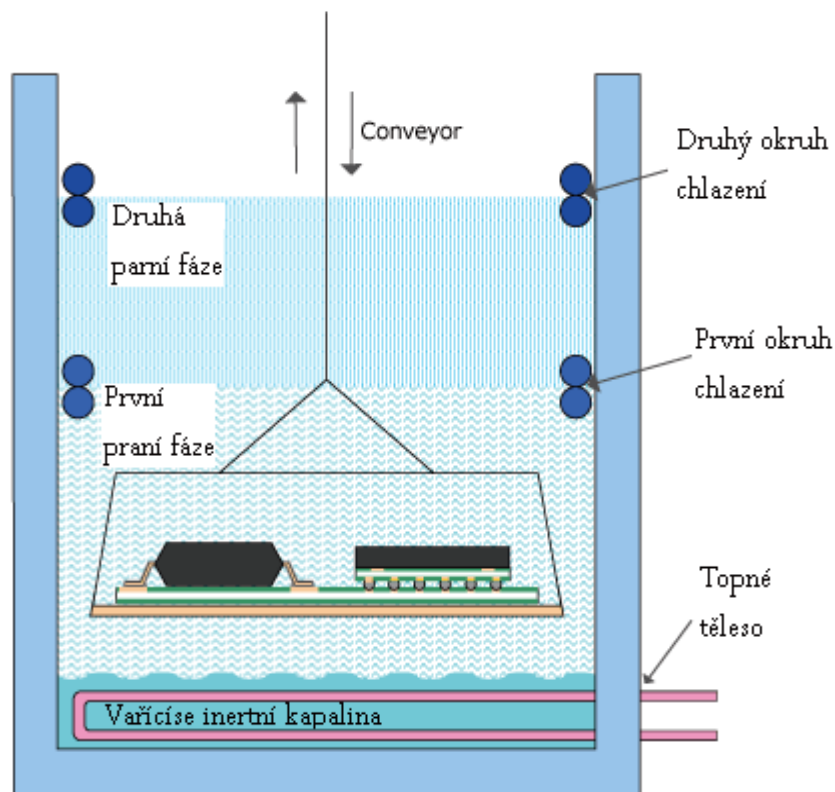


**Obr. 6:** Pájení v horkovzdušné peci [12]

## 6.4 Pájení v parách

Tento proces je o něco komplikovanější než u předchozích dvou viz *obr. 7*. Přenos tepla je zde zapříčiněn kondenzací pájecí kapaliny, která byla předtím odpařena. Kapalina, která je zde použita vytlačuje kyslík a při procesu pájení nenastává oxidace spoje. Teplota je dána teplotou par pájecí kapaliny a záleží na jejím složení, obvykle je tato teplota pro bezolovnatou technologii kolem 240°C. Nevýhoda této metody je ta, že proces trvá značnou dobu.

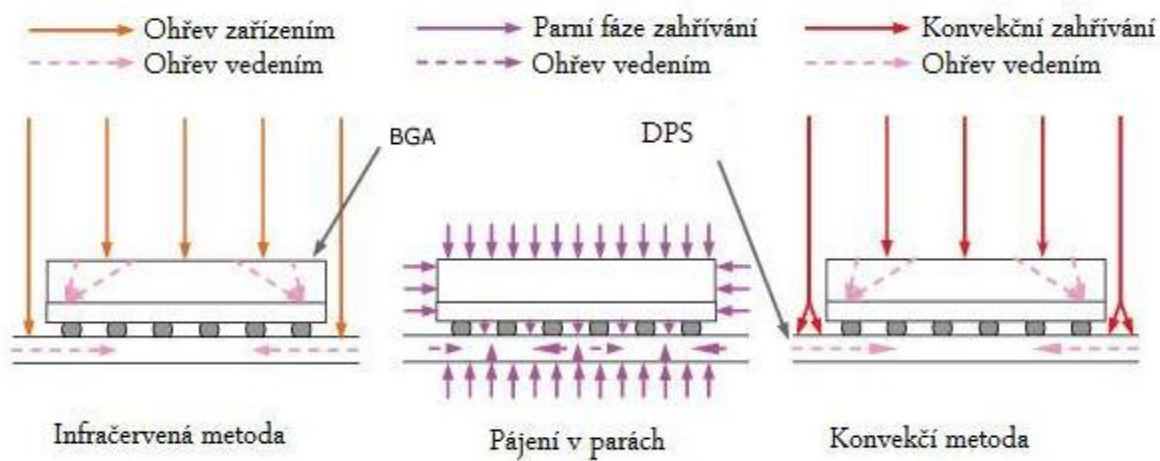
Naopak výhodou je, že se teplo dostane ve stejný čas a při stejném rozložení na celou pájenou desku a proto zde nenastává problém s rozdílnou tepelnou kapacitou komponent.



**Obr. 7:** Pájení v parách [12]

## 6.5 Porovnání metod pájení

Následující obrázek viz *obr. 8* nám zobrazuje, jak nám různé technologie různě ohřívají dané SMD součástky. Je vidět, že nám teplo nejlépe přivádí proces pájení v parách, za ním hned pomocí konvekční metody a na konec pomocí infračervené metody.



**Obr. 8:** Porovnání třech druhů pájení [12]

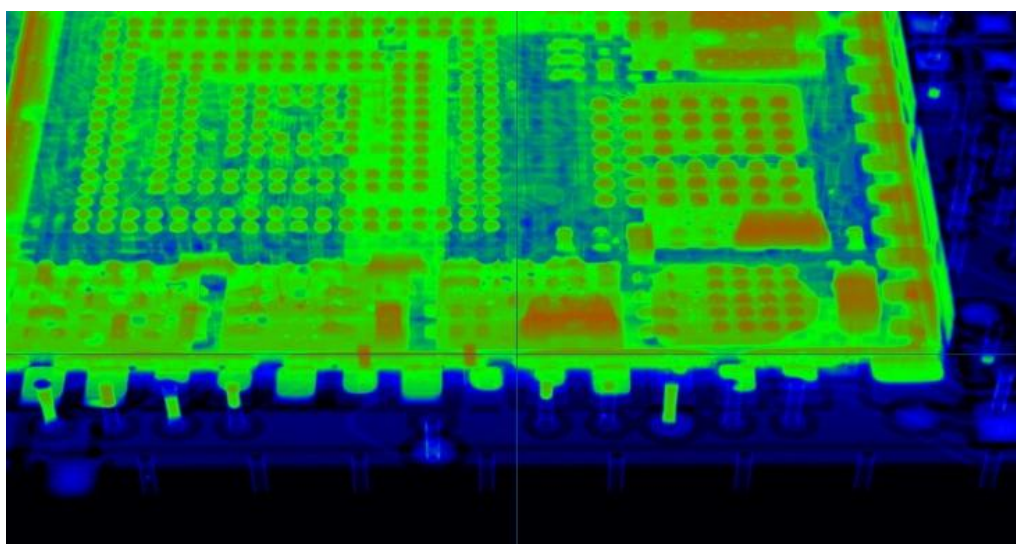
## 7. Kontrola DPS v technologii

Pro zjišťování a odhalování závad byly vyvinuty různé metody, mezi základní patří optické metody, pomocí kterých jsou zjištěny jen takové, které jsou na povrchu. Mezi nástroje patří obyčejné oko, lupy, mikroskopy a další, které nám zvětšují obraz a tudíž vidíme lépe všechny detaily.

Další skupinou jsou automatické optické inspekce, které samostatně vyhledávají závady. Tato metoda funguje na principu porovnávání etalonu (je vyroben přesně stejným postupem, je již předem odzkoušen a splňuje dané požadavky) s dalšími vyrobenými DPS.

Při elektrické kontrole se DPS zapojí do elektrického obvodu a zjistí se tak, zda obvodem protéká proud a naměřené elektrické hodnoty (napětí, proud, odpor, kapacita a indukčnost) odpovídají předepsaným hodnotám.

Ne již tak zastoupenou skupinou, ale velmi důležitou, je kontrola pomocí rentgenu. Ta se provádí na těch spojích, které není možno zkontrolovat pomocí jiných metod. Pomocí této metody zjistíme, jak se nám pájka roztekla a do jakých míst nám zatekla, viz *obr. 9*. Tento obrázek nám zobrazuje prokovy, které přímo vedou z pájecí plošky a odsály pájku z pájecích plošek. Nadále nám tato metoda též zjistí závady na pouzdrech BGA, kde je mnoho vývodů tohoto pouzdra na spodní tohoto pouzdra a jinou metodou by se nedaly zjistit.



**Obr. 9:** Rentgenový obrázek, na kterém je vidět jak nám roztavená pájka zatekla do prokovů, které jsou spojeny s druhou stranou DPS

## 8. Opravy součástek na DPS

Opravy se provádějí tehdy, pokud spoj neodpovídá požadovaným parametrům, nebo když je součástka nějakým způsobem znehodnocena (vysokou teplotou, proudem, napětím, mechanickými vlivy atd.). Tyto závady se zjistí buď hned po zapájení DPS nebo až při běžném používání. Pokud je zařízení jedinečné nebo je levnější součástku vyměnit, než koupit novou, musíme opravu provést nějakým vhodným způsobem.

Jediný možný způsob je takový, že součástku musíme nejprve adekvátním způsobem odpájet např. mým zařízením pro odpájení SMD součástek. Poté přijde na řadu odstranění zbytků pájky po předešlém pájení a to pomocí odsávaček nebo měděného knotu. Hned po této operaci musíme ještě očistit plošky od možných zbytků tavidel a možných nečistot. Další fází výměny bude opětovné nanesení pájecí pasty dávkovačem na DPS a přesné usazení identické SMD součástky. Konečná operace bude, že celou DPS vložíme do např. horkovzdušné pece, kde se nám součástka připájí. Pokud je to možné, ověříme, zda je součástka správně připájena a plní funkci předtím rozbité součástky.



## 9. Způsoby odpájení

Způsobů odpájení je hned několik druhů, záleží jen na velikosti daných součástek, počet kontaktů součástky a místu odpájení.

Odpájet se dá i pomocí obyčejné trafopáječky a to takovým způsobem, že se roztaví pájka a součástka se pomalu vyjme. Přebytečnou pájku, která je stále na plošném spoji a potřebujeme ji také odstranit, znovu roztavíme a rychlým pohybem zakončeným klepnutím (například o gumovou podložku) sklepneme dolů.

Dále se dá odpájet pomocí různých domácích „pomůcek“, například jak vidíme na obrázku viz *obr. 10*, kde použijeme obyčejnou trafopáječku. Tato metoda má tu výhodu, že při odpájení působí teplo jen na vývody obvodu, nikde mimo a tak nám nepoškodí, nebo v horším případě nezničí žádné součástky, co se nacházejí v bezprostřední blízkosti. Nevýhodou této metody je, že při odpájení musí být většinou dva lidé, jeden drží domácí „pomůcku“ a pájku, která shora zahřívá měděný plech, a od něho se rychle



**Obr. 10:** Přípravky pro odpájení SMD součástek pomocí trafopáječky [4]

ohřívají všechny vývody, na které plech dosedá, pak další člověk, který má například pinzetu a ten SMD součástku sundá.

### 9.1 Odpájení pomocí odsávaček



Tento způsob je velice oblíbený pro jeho nenáročnost a rychlost procesu, dá se obvykle kombinovat s pájením, což se také děje. Jeho základní princip spočívá v tom, že pomocí nějaké technologie (viz dále) přivedeme danou pájku do kapalné formy a pomocí nějakého zařízení ji odsajeme z daného místa, také je možné i s tímto zařízením obvykle pájet. Je několik druhů přístrojů, které tyto možnosti poskytují, například pomocí mechanické nebo elektrické odsávačky.

Mechanické odsávačky jsou postaveny na tom principu, že např. obyčejnou páječkou roztavíme pájku a pak hned vysajeme pomocí dalšího zařízení (odsávačky) viz *obr. 11*



**Obr. 11:** Mechanická odsávačka [5]

ještě tekutý cín. Mechanické zařízení odsávačky je založeno na principu stlačené pružiny, na kterou je přichycen píst, aby se mohl vrátit a tím tak vysát roztavený cín. Po uvedení do tohoto stavu je odsávačka připravena k použití a stačí již jen stisknout tlačítko, aby se píst začal vysouvat a tím vytvářet podtlak a vysávat pájku.

Lepší provedení je odsávačka se zabudovaným ohřevem viz *obr. 12*. Pro ohřev se použije opět elektrická energie a k odsátí cínu a tedy k vytvoření podtlaku slouží pumpa



**Obr. 12:** Elektrická odpájecí pistole [6]

s miniaturním motorem o příkonu zhruba 10-20W. Tyto odpájecí pistole jsou sice na rozdíl od obyčejných odsávaček mnohem složitější a dražší, ale o to se s ním lépe pracuje a není tak náročné na obsluhu.

Tyto typy odsávaček se převážně používají u THT součástek. Samozřejmě, že je možné je použít i pro odsátí pájky kdekoli na DPS.

## 9.2 Odpájecí stanice

Dalším a mnohem lepším způsobem odpájení, který se již používá profesionálně, je pomocí odpájecí stanice viz *obr. 13*, kterých je několik typů. Součástka se pak vyndá



**Obr. 13:** Horkovzdušná pájecí-odpájecí stanice pro SMD [7]

například pomocí drátku, který se podstrčí pod vývody integrovaného obvodu. Pro roztavení pájky se nejčastěji používá v těchto případech horkovzdušná pájecí/odpájecí stanice. Výhodou této stanice je, že horký vzduch jde podél trysky a tak zahřívá jak daný spoj v širším okolí, tak i odsávací trysku.

## 9.3 Rework stanice

Nejlepší způsob ručního odpájení je pomocí rework stanice. Ta se skládá z několika částí, jak vidíme z viz *obr. 14*. U této stanice se dají vyměňovat všechny typy povrchových součástek a to dvěma způsoby tepelného zahřátí- buď pomocí horkého vzduchu nebo pomocí IR záření, nebo jejich kombinací. Nadále je na těchto stanicích integrovaná odsávačka pájky, podtlaková pinzeta, se kterou můžeme odebírat součástky. Ta je obvykle umístěná na jednom z ramen, aby byla manipulace se součástkou přesná a taky s touto pinzetou se dá přidávat součástky přesně na dané místo. Na zařízení, jak opět vidíme z obrázku viz *obr. 14*, je připevněná video kamera, která obraz zvětší, a my dobře vidíme, kam součástku přesně osazujeme. Další části, které z obrázku nevidíme, je PID regulace, se kterou jde naladit přesně požadovaná teplota, protože má zpětnou odezvu o teplotě na hrotu. Ideálním případem je, když má i tato stanice PLC zařízení pro tvorbu svých teplotních profilů. Pomocí nich se dá

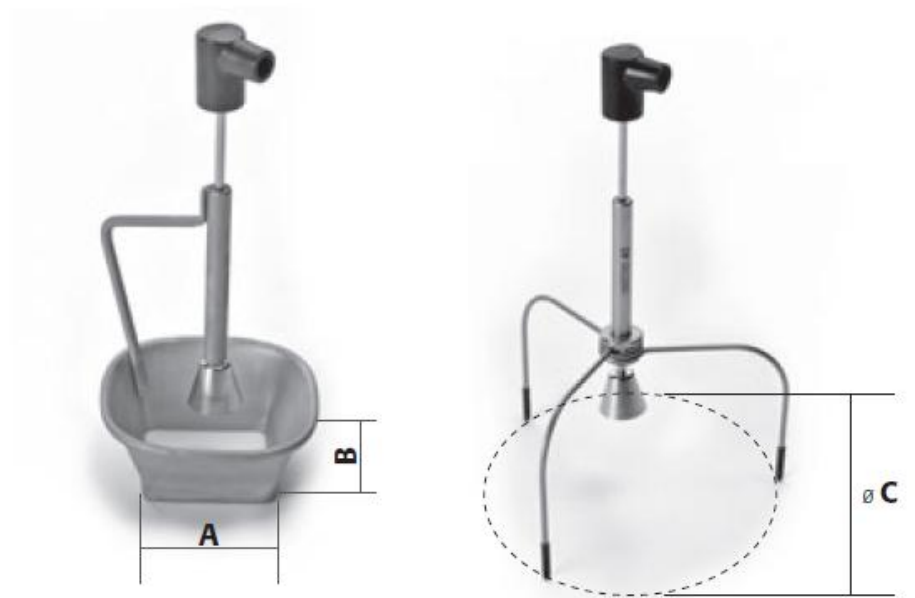
naprogramovat na jaké teploty, kde a jakým způsobem se v daný čas mají zahřát, aby odpájení nebo připájení bylo dokonalé, bylo provedeno minimálně s takovou kvalitou, jako v sériové výrobě, kde byl předtím plošný spoj vyroben.



**Obr. 14:** Profesionální rework stanice [8]

## 9.4 Odpájení pomocí „Pick-up trojnožky“

Dalším příkladem je odpájení pomocí tzv. „Pick-up trojnožky“ viz *obr. 15*. Ta se upevní k SMD součástce pomocí lepidla nebo podtlaku, který se vytvoří například pomocí vzduchové membránové pumpy za prostřední člen trojnožky. Trojnožka je tedy na desce plošného spoje a pomocí pružin se snaží neustále malou silou vytáhnout SMD součástku. Takto celé se to vloží buď do pece nebo pomocí horkovzdušné stanice se přivede teplo, až se pájka dostane do kapalného stavu a odpájí se.



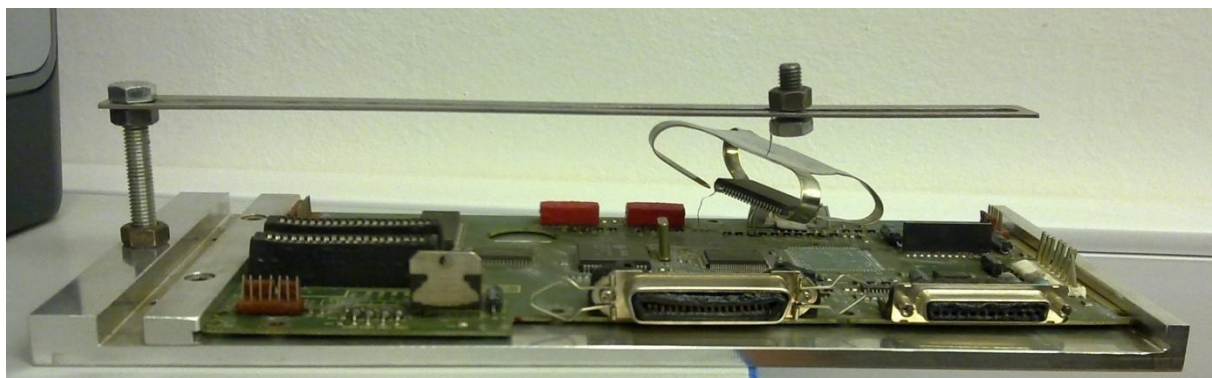
**Obr. 15:** Spájecího systému – vlevo, vpravo - trojnožka (tripod)

Moje zařízení pro odpájení SMT součástky z desky plošného spoje je na podobném principu, ale konstrukčně je jiné. Místo lepidla nebo podtlaku jsem použil mechanické upevnění součástky, aby se zařízení mohlo použít na co největší počet druhů součástek (např. od malých odporů až po velké SMD součástky). Místo veliké trojnožky, která neprojde průběžnou pecí, jsem použil upínadlo podobné svěráku, do kterého se deska upne, ta pak nemá možnost posunu nahoru a dolů. Na toto upínadlo jsem upevnil pružné rameno, které má za úkol působit malou silou směrem vzhůru na mechanickou část, do které je přichycena součástka.

## 10. Výroba zařízení pro odpájení SMD součástek

### 10.1 Výroba prvního zařízení

První vyrobené zařízení je vyobrazené na obrázku viz *obr. 16*. Na tomto obrázku můžeme vidět již odpájenou SMD součástku. Odpájení probíhalo v parách, protože do průběžné pece to nebylo možné vložit pro větší rozměry. Vyjmutí se podařilo, jak je vidět opět z obrázku viz *obr. 16, 17*. Z obrázku viz *obr. 17* je vidět, že se dvě přívodní



**Obr. 16:** První zkouška odpájení

cesty ke kontaktům vytrhly. To bylo zapříčiněno tím, že tato testovací deska se již používala k testování pro měření teplotních profilů. Z tohoto testování zbyla v rohu součástky pájka, kterou tam byl předtím připevněn termočlánek. Tato pájka má o několik desítek stupňů vyšší teplotu přetavení, díky tomu se pájka v růžku součástky při našem pokusu neroztavila a nadměrnou silou došlo k odtržení součástky a tím vtržení kontaktů.





**Obr. 17:** První zkouška odpájení detail

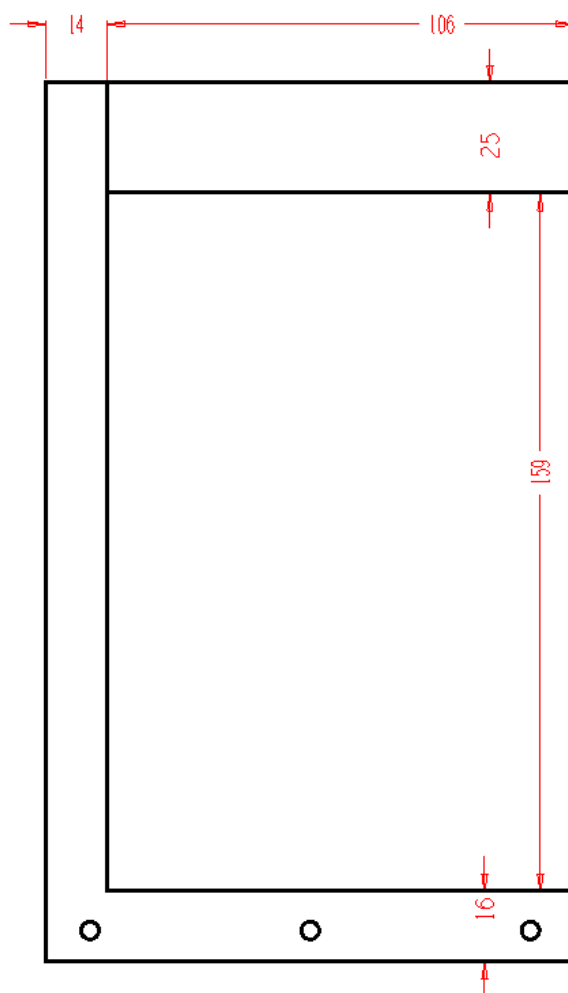
Proto bylo nutné vyrobit další zařízení, které by splňovalo rozměrové limity, mělo jiný upínací mechanismus a působilo menší silou.

## 10.2 Výroba druhého zařízení

Další zařízení jsem zkonstruoval podobně jako první, ale s tím aspektem, aby nebylo tak vysoké. Odstranil jsem dno a šroub, který upevňuje rameno, jsem dostatečně zmenšil, aby prošlo průběžnou pecí. Konstrukce je vidět na – viz *obr. 18*, přičemž výkres této části zařízení je na – viz *obr. 19*. Při této výrobě, jak je vidět z – viz *obr. 20*, jsem použil vodní a hydroabrazivní paprsek pro vyříznutí hlavní části a frézu, jak je vidět z – viz *obr. 21* jsem použil pro zapuštění šroubů a vybrání drážky, do které se zasouvá a upevňuje deska plošného spoje. Dále jsem vyrobil novou upínací hlavu, která drží SMD součástky, viz *obr. 22*.



**Obr. 18:** Konstrukce druhého svěrače pro plošný spoj



**Obr. 19:** Výkres upínače plošného spoje

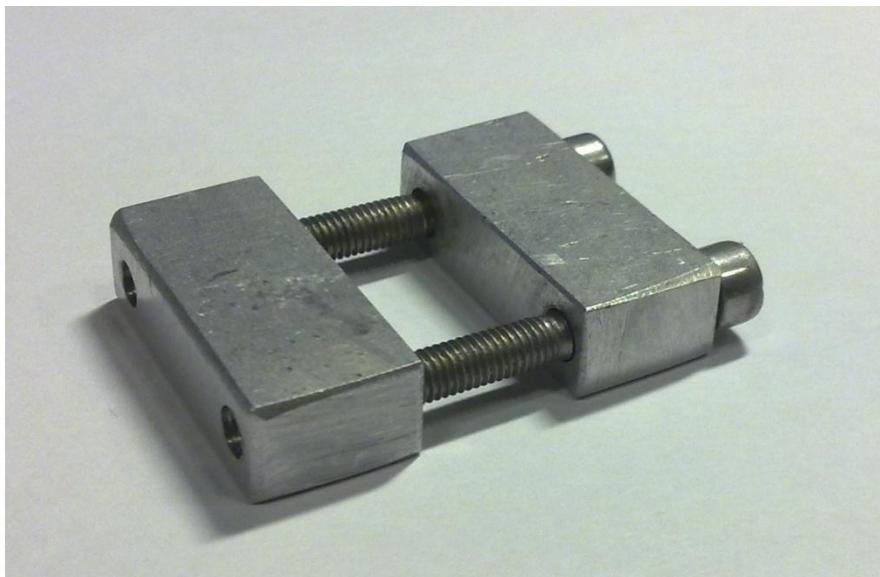


**Obr. 20:** Výřez hlavní části pomocí vodního paprsku



**Obr. 21:** Frézování pro zapouštění šroubů



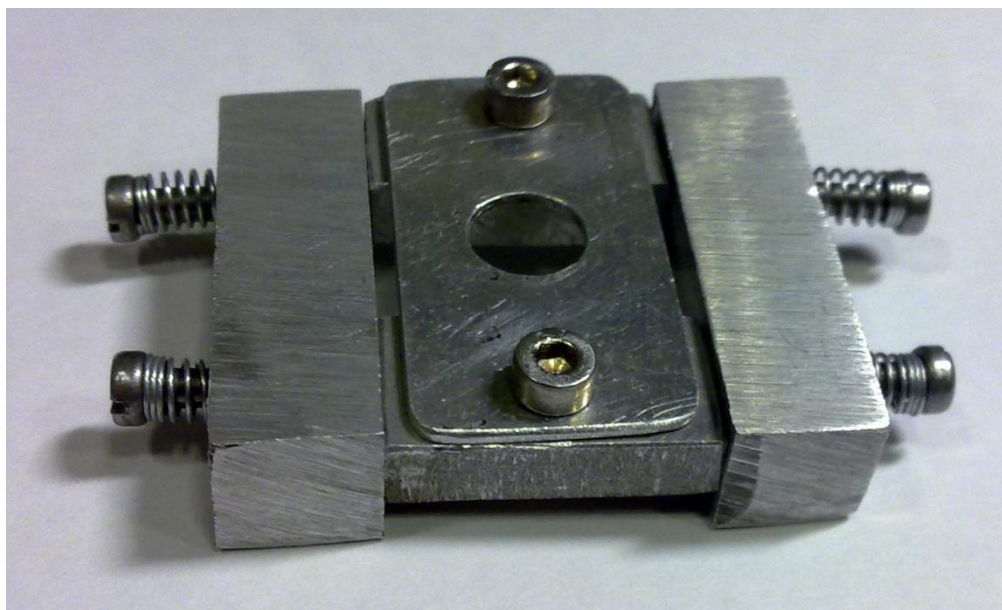


**Obr. 22:** Upínací hlava na SMD součástky

Druhé zkonstruované zařízení vyvinulo správnou sílu i upínací mechanismus byl vyhovující, ale vyskytl se další problém. Velikost a moc velká robustnost zapříčinila sice velice dobré upevnění SMD součástky, ale to jen na velmi dostupných místech a pro malý počet různých velikostí součástek. Proto bylo nutné vyrobit další upínací hlavu pro SMD součástky, která se bude už moci upevnit na konstrukci ramene.

### 10.3 Výroba třetí upínací hlavy pro uchycení SMD součástky

Výroba této hlavy probíhala tak, aby byla dostatečně malá a aby se dala součástka rychle



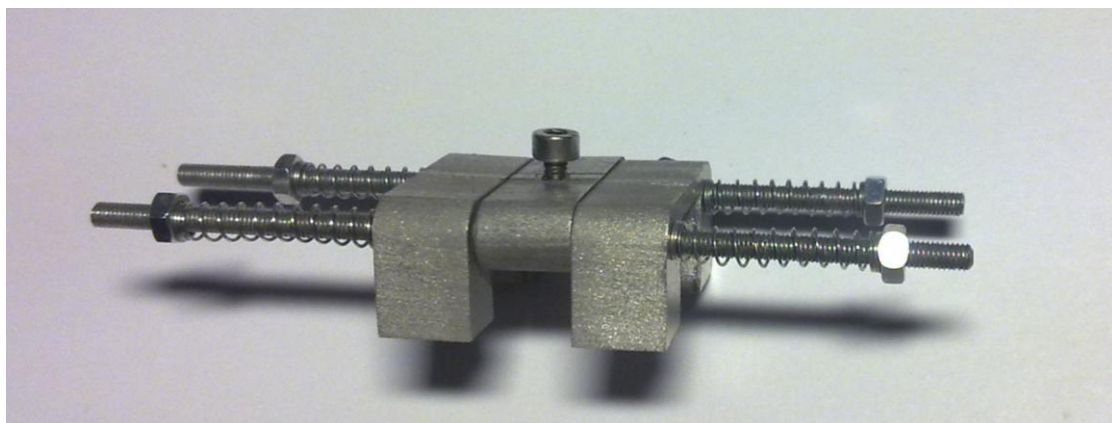
**Obr. 23:** Třetí upínač SMD součástky

uchopit do čelistí. Proto si můžeme všimnout na - viz *obr. 23*, že je složena z mnoha dílů a je opatřena pružinami, které vyvíjejí sílu na SMD součástku, aby se dala rychle upevnit.

Při zkoušce nového zařízení jsem zjistil několik závad, pro které nebyla dostatečně vyhovující upínací hlava, nedala se na rameni libovolně natáčet a tak zajistit dokonalé zachycení součástky. Dále nedokázala uchopit nejmenší součástky, její robustnost byla ještě dost velká a výroba příliš složitá.

## 10.4 Výroba čtvrté upínací hlavy pro uchycení SMD součástky

Pro nedostatky jsem zkonstruoval ještě dokonalejší a menší hlavu, která má ještě lepší parametry pro splnění daných podmínek. Za použití vodního paprsku jsem vyříznul několik dílů, které by mohly vyhovovat. Vše vidíme na – viz *obr. 24*, kde je složená celá



**Obr. 24:** Čtvrtý upínač SMD součástky



**Obr. 25:** Součástky, kterými by mohl být upínač vybaven

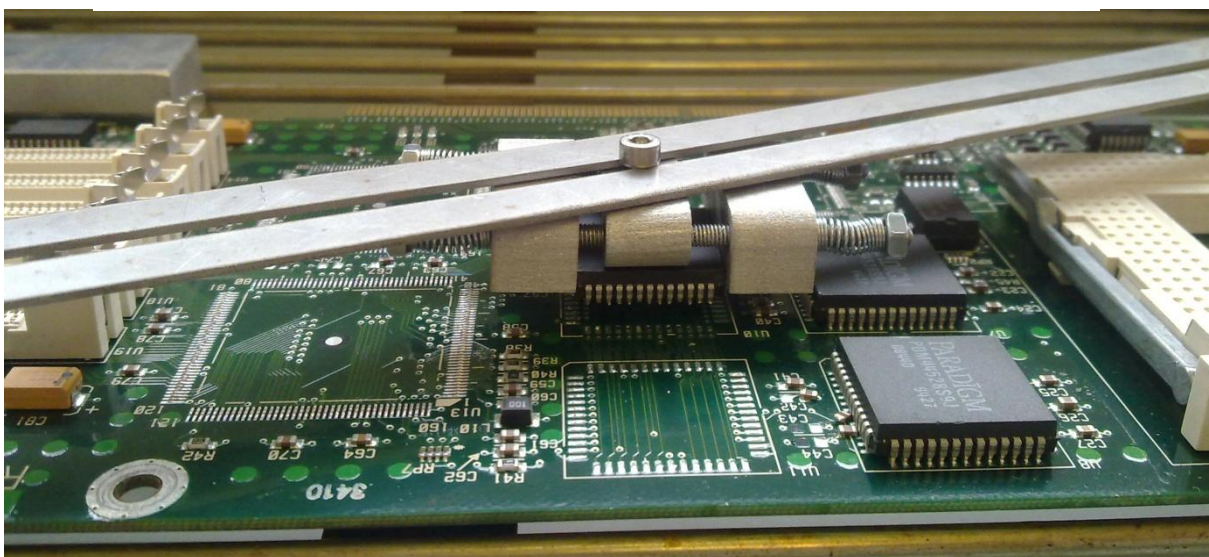


hlava a na – viz *obr. 25* jsou ostatní díly, kterými by mohly být čelisti opatřeny.

S takto konstruovaným zařízením viz *obr. 26* respektive viz *obr. 27* jsme provedli další zkoušku vyndání SMD součástky. Tento test byl velice úspěšný a hlava by se dala již v této fázi brát jako zcela vyhovující. S touto konstrukcí jsem ale nebyl ještě zcela spokojen a proto jsem navrhnul poslední typ hlavy, se kterou je možné vyndávat i ty nejmenší součástky a svými malými rozměry se dostane i do velmi nepřístupných míst.



**Obr. 26:** Předposlední konstrukce



**Obr. 27:** Detail předposlední konstrukce po odpájení

## 10.5 Výroba páte a poslední upínací hlavy pro uchycení SMD součástky

Poslední konstrukce upínače, kterou vidíme na - viz *obr. 28* respektive na – viz *obr. 29*, kde vidíme i celkový výrobek, je navržena tak, aby se dostala i do hodně nepřístupných míst. K tomu jsem opět vyrobil ještě menší součástky (čelisti) viz *obr. 30*, kterými může být upínač vybaven. Opět pružiny, které vyvíjejí sílu na SMD součástku, jsem dal jen na jednu stranu ze dvou důvodů. První je ten, že síly vyvinuté těmito pružinami je již dostatečné a pak také pro lepší přístupnost do méně přístupných míst. Dále pro změnu síly a délky ramen jsem zařízení vybavil třemi různými rameny o různé tuhosti a délce viz *obr. 31*. Kdyby i přes tuto skutečnost byla síla ještě moc veliká a z nějakého důvodu bychom celé rameno nemohli dát níž, tak jsem vybavil výrobek ještě jedním delším šroubkem viz *obr. 28, 29*, který zaměníme s kratším, který naopak vyhovuje průběžné peci, jejíž vstupní otvor je dimenzován pro menší rozměry. Tato konstrukce i po zkouškách naprosto vyhovovala.

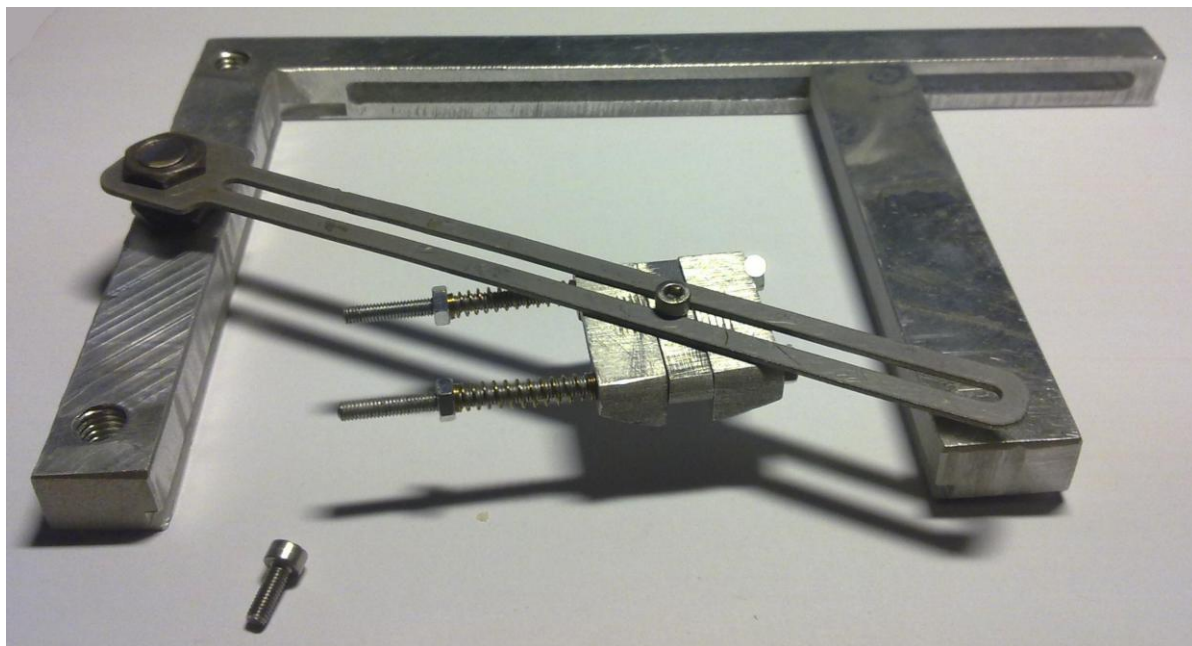


**Obr. 28:** Pátá a poslední konstrukce upínače

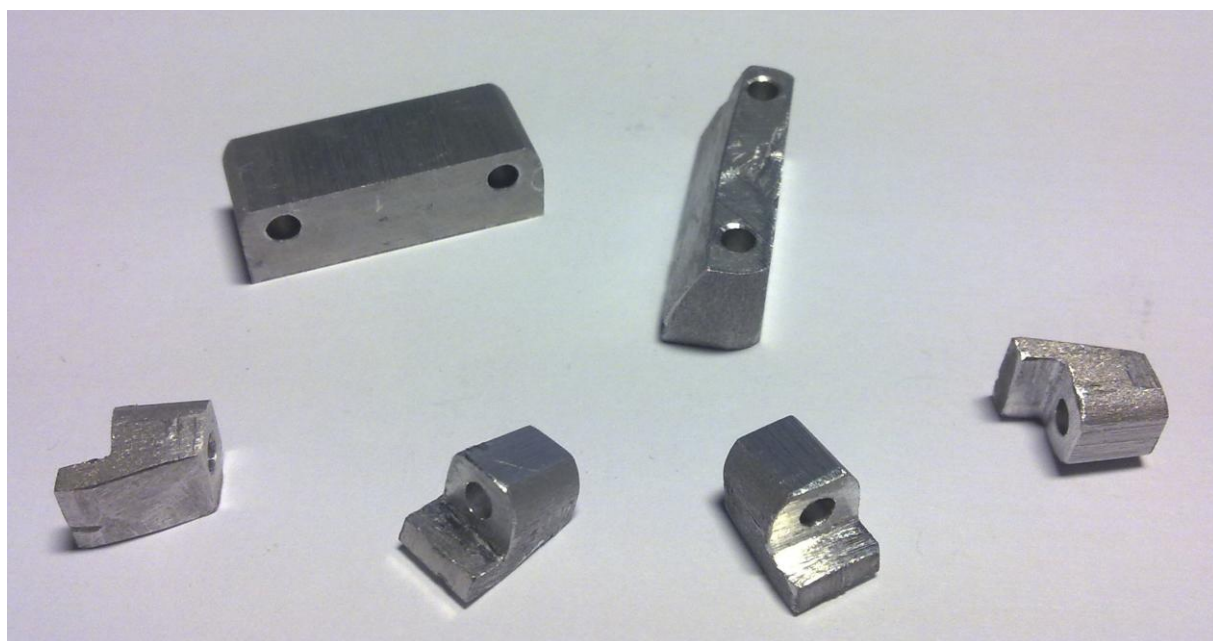


**Obr. 31:** ramena různé tuhosti a délky





**Obr. 29:** sestavený výrobek připravený k použití



**Obr. 30:** Součástky, kterými by mohl být pátý upínač vybaven

## 11. Použitelnost navrženého zařízení v praxi

Zařízení, které jsem v konečné fázi zkonstruoval, bude nejspíše jediné svého druhu. Vzhledem k zadaným parametrům, kterými jsou: teplota, odolnost, jednoduchost, cena, rozměrové aspekty a to atť z pohledu na velikost pouzder součástek, tak na rozměry zařízení jako celku mohu říci, že se dá použít asi pro všechny druhy pecí a možné tepelné zdroje, kterými by šlo součástku odpájet. Zařízení, jak je popsáno výše, dokáže vyvinout na součástku dostatečnou sílu, která je zapotřebí pro vyjmutí součástky při odpájení. Většinou jde jen o hmotnosti součástek, které se pohybují v řádech gramů. Jak můžeme vidět např. na - viz *obr. 12*, dá se rameno posunout do tří poloh, což zapříčiní, že můžeme součástku odebírat z několika úhlů a tím podle volby polohy můžeme také prodloužit nebo zkrátit rameno. Nadále při vkládání DPS můžeme desku též libovolně uchopit. Záleží jen na možných podmínkách a rozměrových vlastnostech DPS.

### 11.1 Použití

Použití je velice jednoduché a to tak jak již bylo zmíněno. Do držáku pro DPS vložíme desku, sevřeme ji a zaaretujeme pomocí dvou šroubů. Takto přichycená DPS se nadále nemůže pohybovat směrem nahoru a dolů. Po této přípravě zvolíme buď podle zkušeností nebo pouhým odhadem rameno, které bude vyhovovat jak svojí délkou, tak tuhostí. Při volbě musíme brát ještě v potaz, kam rameno přesně umístíme. Máme totiž na výběr mezi třemi místy, kde můžeme rameno zachytit. Po tomto kroku již stačí vybrat správné čelisti, které jsou též součástí výrobku. Při rozhodování musíme brát v potaz velikost součástky a přístupnost. Jakmile budeme rozhodnutí, které čelisti zvolíme, tak je nasadíme - viz *obr. 21*. Pokud je součástka moc malá, tak matičky na jedné straně dotáhneme, abychom provedli předpětí na pružinách a vyvinuli tak dostatečnou svírací sílu na součástku. Pokud je naopak součástka příliš velká, matičky musíme povolit do takové míry, aby opět síla vyvinutá na součástku byla dostatečná. Až budeme hotovi s tímto krokem, musíme součástku uchopit a konečnou fází připevnit na rameno - viz *obr. 22*. K tomu složí šroubek, který se přímo zašroubuje do upínače. Může se nám také stát, že z nějakého důvodu musí být rameno upevněno výše a bylo by tedy příliš napnuté. K tomu nám slouží stejný, ale delší šroubek, který zajistí zmenšení síly ramene (nesmíme ho celý zašroubovat).

## 12. Závěr

Před navržením jsem se seznámil s technologií pájení a s možnými způsoby oprav vadných součástek na DPS, které jsem popsal již na začátku práce. Dále jsou v práci popsány slitiny pájek, z čeho se skládají a jaké tím pádem mají vlastnosti. Též co se stane, pokud máme v pájce různé příměsi materiálů (zda zhorší, nebo nám pájku zlepší). Další část je věnována známým náhradám za ekologicky špatné olovnaté pájky. Dále jsem pozornost věnoval tavidlům, které se používají v procesech pájení a jak se rozdělují. Následně jsem popsal možnosti pájení různých součástek a jaká zařízení se k tomu používají (hrotová, transformátorová páječka, pájení vlnou, IR pájení, horkovzdušné pece a pájení v parách). V dalším bodě jsem popsal, pomocí jakých metod se dá kontrolovat DPS. Pokud na desce najdeme vadnou součástku a není jiným východiskem než ji opravit (až už z finančních důvodů či jedinečnosti), je nutné ji vyměnit. Tyto technologické problémy jsou popsány takovým způsobem, aby se dalo použít i zkonstruované zařízení.

Dalším bodem bakalářské práce je návrh zařízení, které by samostatně odpájelo SMT součástku z desky plošného spoje s ohledem na různé rozměry pouzder součástek a s ohledem na další tomu odpovídající parametry. To jsem provedl po dlouhé úvaze a po několika konzultacích s vedoucím bakalářské práce. V průběhu výroby jsem také měnil řešení z důvodu např. velkých rozměrů zařízení.

Zařízení, které bylo vyrobeno v mnoha krocích, jsem vždy postupně odzkoušel, a když něco nebylo plně funkční, tak jsem vyrobené zařízení přepracoval - někdy takovým způsobem, že bylo změněno celé od základu.

Na závěr své bakalářské práce jsem se věnoval použitelnosti mého navrženého zařízení v praxi, kterou jsem popsal v posledním dvanáctém bodu. Zařízení, které jsem vyrobil a které dokáže odpájet různé rozměry pouzder součástek, se dá vyrobit za velmi malých nákladů a je tedy široce využitelné. Technické výkresy zařízení jsou součástí této bakalářské práce.

## 13. Použité zdroje

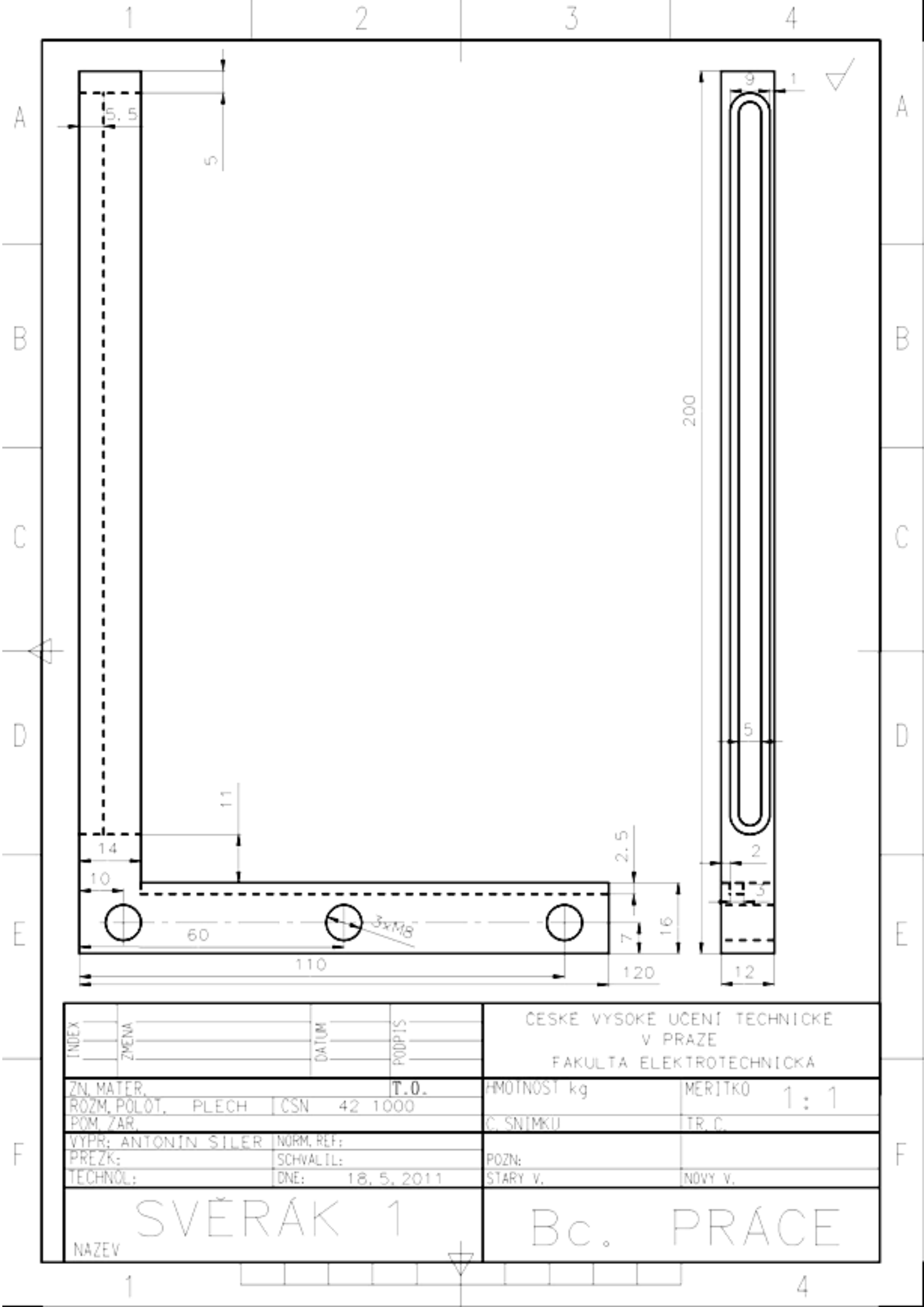
- [1] VÁŇA TOMÁŠ: Diagnostika a technologie materiálů – diplomová práce, 2010
- [2] ABEL M., Cimburek V.: Bezolovnaté pájení v legislativě i praxi, ABE.TEC, Pardubice 2005, ISBN: 80-903597-0-1.
- [3] GM electronic [online]. 2011 [cit. 2011-05-22]. Transformátorová páječka 100W TRP 2-73. Dostupné z WWW: <<http://www.gme.cz/cz/-p730-390.html>>.
- [4] Vaelektronik [online]. 12.10.2009 [cit. 2011-05-25]. Odpájení součástek SMD "kopytem". Dostupné z WWW: <<http://www.vaelektronik.cz/bastl/odpaj.html>>.
- [5] NOVÁČEK, Michal . Něco o pájení - část 2. - Výbava : Odsávačka. Tipy a triky [online]. 02.03.2010, 2, [cit. 2011-05-23]. Dostupný z WWW: <<http://rc.305.cz/view.php?cislocclanku=2010030002>>.
- [6] Pselectronic [online]. 2000, 23.5.2011 [cit. 2011-05-23]. PS electronic, s.r.o. Dostupné z WWW: <<http://www.pselectronic.cz/l134-odpajacky.html>>.
- [7 ] Nej-ceny [online]. 2006 [cit. 2011-05-23]. STANICE PÁJECÍ/ODPÁJECÍ SMD-HORKOVZDUŠNÁ. Dostupné z WWW: <<http://www.nej-ceny.cz/24435/stanice-pajeci-odpajeci-smd-horkovzdusna.html>>.
- [8] Pdr-rework [online]. 2010 [cit. 2011-05-23]. XT5 Professional High End Rework Station. Dostupné z WWW: <<http://www.pdr-rework.com/xt5p.html>>.
- [9] Ntbook [online]. 2009 [cit. 2011-05-23]. Jak na TO reflow BGA profesionalne. Dostupné z WWW: <<http://www.ntbook.cz/index.php?pageID=Jak-na-TO-reflow-BGA-profesionalne>>.
- [10] MACH P., SKOČIL V., URBÁNEK J.: Monáž v elektronice, ČVUT Praha, 2001
- [11] DAVID S.A., BABU S.S., VITEK J.M., Welding: Solidification and Microstructure: [www.tms.org/pubs/journals/JOM/0306/David-0306.html](http://www.tms.org/pubs/journals/JOM/0306/David-0306.html).
- [12] Renesas [online]. 2010-2011 [cit. 2011-04-11]. Available from: WWW:<[http://www.renesas.eu/prod/package/manual/1/1\\_1/1\\_1\\_4/index.html](http://www.renesas.eu/prod/package/manual/1/1_1/1_1_4/index.html)>
- [13] VÁŇA, Tomáš. Diagnostika pájecího procesu v průběžné peci. Praha, 2010. 122 s. Diplomová práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE.
- [14] MARTÍNEK, Jan. Obrazová analýza pájených spojů. Praha, 2009. 71 s. Diplomová práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE.

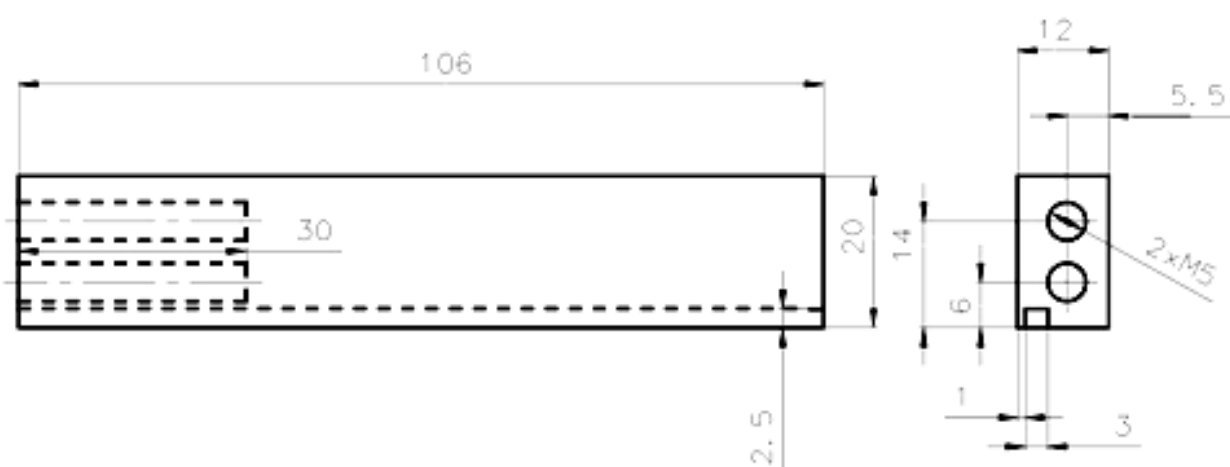


- [15] URBÁNEK, Michal. Porovnání statického a dynamického namáhání. Praha, 2009. 76 s. Diplomová práce. ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE.

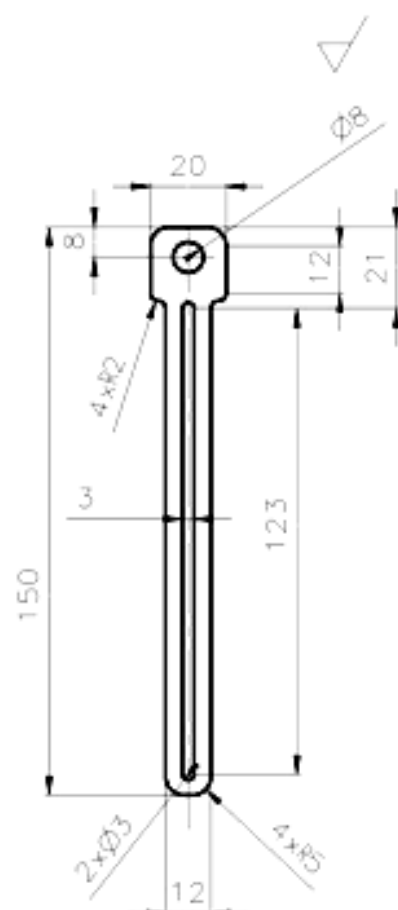
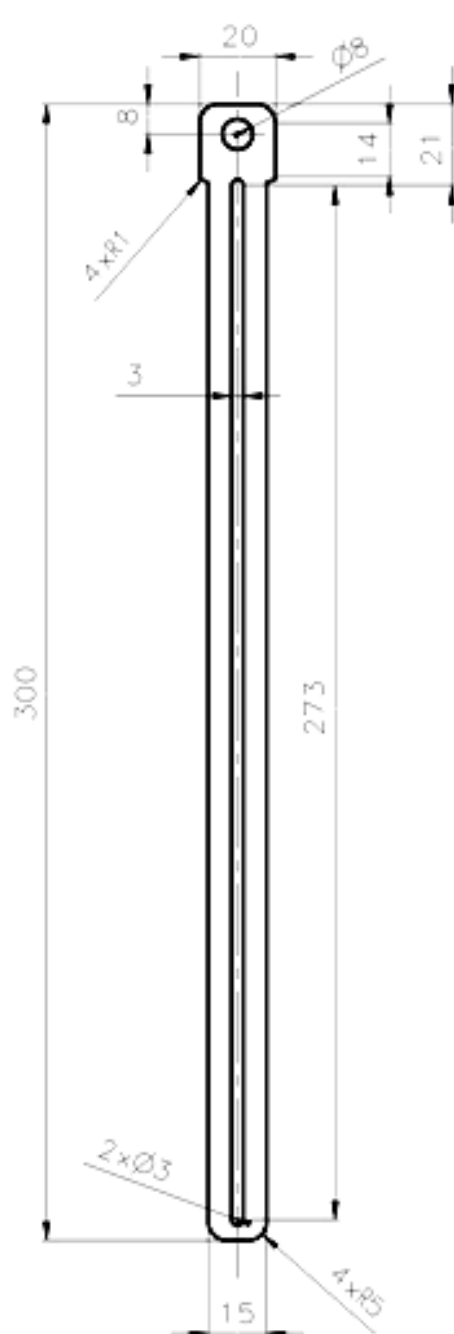
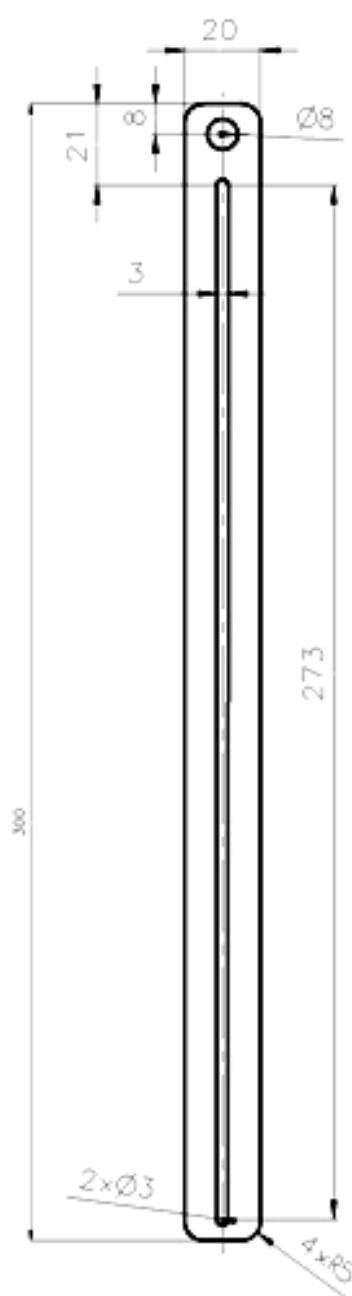
## 14. Seznam příloh

- |     |          |                                    |
|-----|----------|------------------------------------|
| [1] | SVĚRÁK 1 |                                    |
| [2] | SVĚRÁK 2 |                                    |
| [3] | RAMENA   |                                    |
| [4] | UPÍNAČ   |                                    |
| [5] | CD-ROM   | Bakalarska prace Antonin Siler.pdf |
|     |          | sverak1-original.ckd               |
|     |          | sverak2-original.ckd               |
|     |          | ramena-original.ckd                |
|     |          | upinac-original.ckd                |
|     |          | sverak1.dxf                        |
|     |          | sverak2.dxf                        |
|     |          | ramena.dxf                         |
|     |          | upinac.dxf                         |
|     |          | sverak1.dwg                        |
|     |          | sverak2.dwg                        |
|     |          | ramena.dwg                         |
|     |          | upinac.dwg                         |



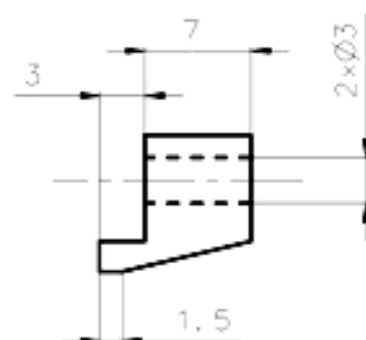
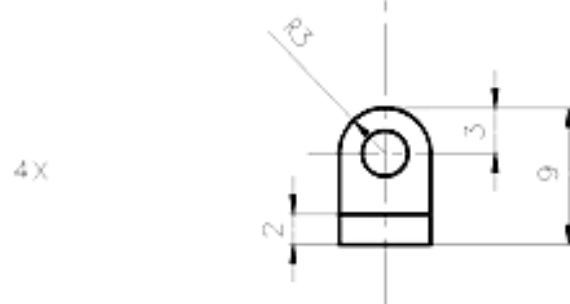
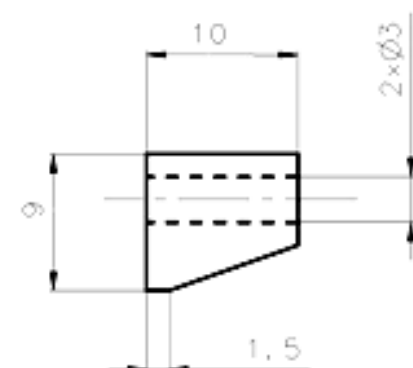
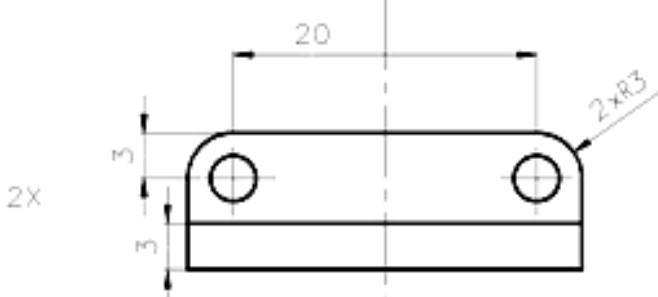
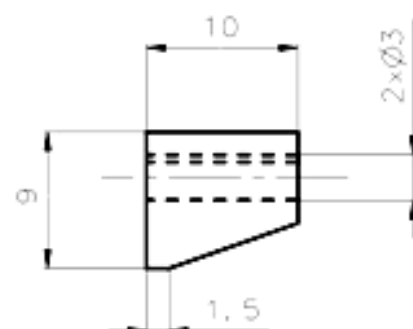
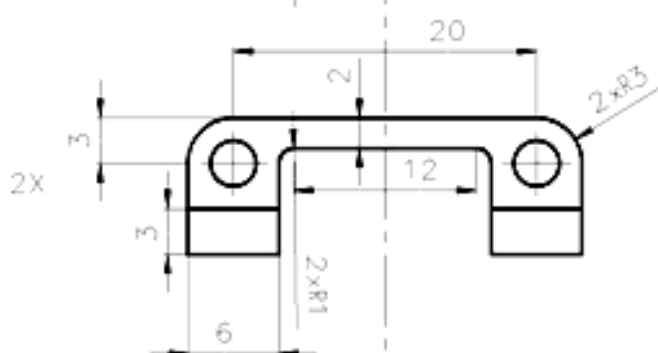
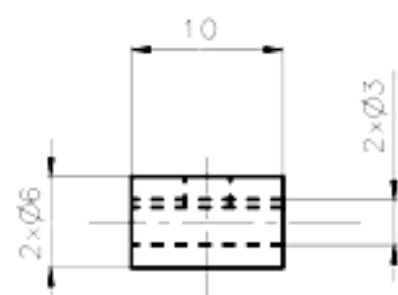
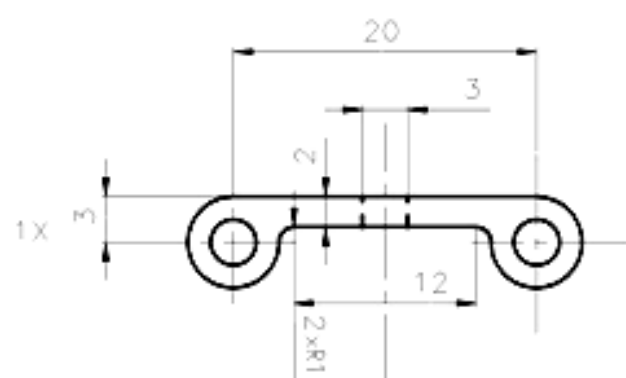


INDEX	ZMENA	DATUM	POPSIS	ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ	
ZN. MATER.	T.O.			HMOTNOST kg	MERITKO 1 : 1
ROZM. POLOJ. PLECH	CSN 42 1000			C. SNÍMKU	TR. C.
POM. ZAR.				POZN:	
VYPR: ANTONIN SILER	NORM. REF:			STARY V.	NOVY V.
PREZK:	SCHVALIL:				
TECHNOL:	DNE: 18. 5. 2011				
NAZEV SVĚRAK 2				Bc. PRÁCE	



TLUSTKA 1mm

INDEX	ZMENA	DATUM	PODPIS	ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ	
ZN. MATERIÁLU	ROZM. POLOH. PLECH	CSN	734201	HMOTNOST kg	MERÍTKO 1:2
POM. ZAR.	VYPR. ANTONÍN ŠILR	NORM. REF.		C. SNÍMKU	TR. C.
PREZK.	SCHVALIL:	POZN:		STARY V.	NOVY V.
TECHNOL.	DNE: 18. 5. 2011				
NAZEV RAMENA				Bc. PRÁCE	



INDEX	ZMENA	DATUM	PODPIS	ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ	
ZN. MATER.	ROZM. POLOŽ. PLECH	CSN 42 1000	T.O.	HMOTNOST kg	MERÍTKO 2:1
POM. ZAR.	VYPR: ANTONÍN SILER	NORM. REF:	SCHVALIL:	C. SNÍMKU	TR. C.
PREZK:	TECHNOL:	DNE: 18. 5. 2011	POZN:	STARÝ V.	NOVÝ V.
NAZEV UCHYCOVAČ				Bc. PRÁCE	