

Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích

Pedagogická fakulta – Katedra fyziky

Optimalizace svařovacích parametrů pro technologii
svařování horkým elementem u vybraných termoplastů

Bakalářská práce

Vedoucí práce: PaedDr. Bedřich Veselý, Ph.D.

Autor: Stanislav Brůha

ANOTACE

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo nalezení optimálních svařovacích parametrů pro technologii svařování horkým elementem u vybraných termoplastů. V teoretické části byly v jednotlivých kapitolách shrnuty varianty svařování horkým elementem, hlavní procesní parametry, stroje kterými firma ROBERT BOSCH spol. s r.o., České Budějovice disponuje a testování svarového spoje. Velký důraz byl kladen na správně naplánovaný, ověřený a následně vyhodnocený experiment. Za důsledného dodržování systematiky Design of Experiment byly v praktické části optimalizovány svařovací parametry a tyto následně ověřeny pomocí krátkodobé analýzy způsobilosti stroje. Na závěr bylo provedeno hodnocení mikrostruktury optimálního svarové spoje pomocí mikrotomových řezů.

Tato práce bude sloužit jako návod při volbě materiálu do sériové produkce a vhodných svařovacích parametrů k jejich spojení.

ABSTRACT

The topic object of this bachelor work was to find the optimal welding parameters for hot plate welding of specified thermoplastics. In the theoretical part there was a summary of variants for hot plate welding, the main process parameters, the welding and testing machinery in property of RBCB. The main effort was focused on a precisely planed, verified and evaluated experiment. In the practical part, the welding parameters were optimised by using Design of Experiment tool. Afterwards those parameters were confirmed using short-term cappability of machines. At the end there was a structural evaluation of weld joints carried out by using microtome technique.

This bachelor work is considered to be a guideline for choosing of proper materials for serial production and theirs' welding parameters.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury uvedené v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Pedagogickou fakultou elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Č. Budějovicích dne 27.11.2009

.....

Podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Především bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce PaedDr. Bedřichu Veselému, Ph.D. za jeho cenné rady a připomínky týkající se řešení bakalářské práce. Také děkuji Ing. Bohumilu Málkovi za poskytnutí praktických informací. Rovněž děkuji společnosti Robert Bosch spol. s r.o. České Budějovice za poskytnutí podkladů, potřebné měřicí techniky a možnosti využití zkušebního svařovacího stroje a celému oddělení TEF3 za pomoc při provádění zadaných zkoušek a za jejich ochotu, s jakou mi poskytovali veškeré dostupné informace.

OBSAH

I. TEORETICKÁ ČÁST	7
1 ÚVOD.....	8
2 VARIANTY SVAŘOVÁNÍ HORKÝM ELEMENTEM.....	9
2.1 NÍZKOTEPLTNÍ KONTAKTNÍ SVAŘOVÁNÍ HORKÝM ELEMENTEM	9
2.2 VYSOKOTEPLTNÍ KONTAKTNÍ SVAŘOVÁNÍ HORKÝM ELEMENTEM.....	11
2.3 BEZKONTAKTNÍ SVAŘOVÁNÍ.....	12
3 HLAVNÍ PARAMETRY SVAŘOVÁNÍ HORKÝM ELEMENTEM	14
3.1 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX.....	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
3.2 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX.....	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
3.3 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX.....	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
3.4 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX.....	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
3.5 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX.....	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
3.6 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX.....	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
4 STROJE PRO TECHNOLOGII SVAŘOVÁNÍ HORKÝM ELEMENTEM.....	16
4.1 STROJE PRO TECHNOLOGII SVAŘOVÁNÍ HORKÝM ELEMENTEM V RBCB	16
4.2 POPIS ZKUŠEBNÍHO SVAŘOVACÍHO STROJE V RBCB NA ODDĚLENÍ TEF3	16
4.3 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX.....	19
5 TESTOVÁNÍ SVAROVÉHO SPOJE	19
5.1 ZKOUŠKA TĚSNOSTI.....	19
5.1.1 Bublínková metoda zkoušky těsnosti vzduchem.....	20
5.2 TLAKOVÁ DESTRUKČNÍ ZKOUŠKA.....	20
5.2.1 Zkušební kapalina používaná při tlakové destrukční zkoušce	20
5.2.2 Technický popis zařízení.....	22
5.2.3 Průběh zkoušky	23
6 METODY PLÁNOVÁNÍ, OVĚŘOVÁNÍ A VYHODNOCOVÁNÍ.....	25
6.1 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX.....	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
6.1.1 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	Chyba! Záložka není definována.
6.1.2 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	Chyba! Záložka není definována.
6.1.2.1 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX.....	Chyba! Záložka není definována.
6.2 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX.....	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
6.2.1 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	Chyba! Záložka není definována.
6.2.1.1 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX.....	Chyba! Záložka není definována.
6.2.1.2 XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX.....	Chyba! Záložka není definována.
6.3 MIKROTOMOVÁ ANALÝZA.....	29
II. PRAKTICKÁ ČÁST.....	31
7 ZKUŠEBNÍ SVAŘOVACÍ TĚLÍSKO	32
8 ZKUŠEBNÍ PŘÍPRAVKY	32
8.1 SVAŘOVACÍ PŘÍPRAVEK.....	32
8.2 PŘÍPRAVEK NA TLAKOVOU DESTRUKČNÍ ZKOUŠKU	33

8.3	PŘÍPRAVEK NA MĚŘENÍ TĚSNOSTI	34
9	TESTOVANÉ MATERIÁLY ZKUŠEBNÍCH TĚLÍSEK	35
9.1	POŽADAVKY	36
10	OPTIMALIZACE SVAŘOVACÍCH PARAMETRŮ PRO TECHNOLOGII SVAŘOVÁNÍ HORKÝM ELEMENTEM	37
10.1	XXXXXXXXXXXXXXXXX.....	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
10.1.1	XXXXXXXXXXXXXXXXX	Chyba! Záložka není definována.
10.1.1.1	XXXXXXXXXXXXXXXXX.....	Chyba! Záložka není definována.
10.1.2	XXXXXXXXXXXXXXXXX	Chyba! Záložka není definována.
10.1.2.1	XXXXXXXXXXXXXXXXX.....	Chyba! Záložka není definována.
10.1.3	XXXXXXXXXXXXXXXXX	Chyba! Záložka není definována.
10.1.3.1	XXXXXXXXXXXXXXXXX.....	Chyba! Záložka není definována.
10.1.4	XXXXXXXXXXXXXXXXX	Chyba! Záložka není definována.
10.2	XXXXXXXXXXXXXXXXX.....	CHYBA! ZÁLOŽKA NENÍ DEFINOVÁNA.
10.2.1	XXXXXXXXXXXXXXXXX	Chyba! Záložka není definována.
10.2.1.1	XXXXXXXXXXXXXXXXX.....	Chyba! Záložka není definována.
10.2.2	XXXXXXXXXXXXXXXXX	Chyba! Záložka není definována.
10.2.2.1	XXXXXXXXXXXXXXXXX.....	Chyba! Záložka není definována.
10.2.3	XXXXXXXXXXXXXXXXX	Chyba! Záložka není definována.
10.3	XXXXXXXXXXXXX	
10.3.1	XXXXXXXXXXXXX	Chyba! Záložka není definována.
10.3.1.1	XXXXXXXXXXXXX.....	Chyba! Záložka není definována.
10.3.2	XXXXXXXXXXXXX	Chyba! Záložka není definována.
10.3.2.1	XXXXXXXXXXXXX.....	Chyba! Záložka není definována.
10.3.3	XXXXXXXXXXXXX	Chyba! Záložka není definována.
10.4	XXXXXXXXXXXXX	
10.4.1	XXXXXXXXXXXXX	Chyba! Záložka není definována.
10.4.1.1	XXXXXXXXXXXXX.....	Chyba! Záložka není definována.
10.4.2	XXXXXXXXXXXXX	Chyba! Záložka není definována.
10.4.2.1	XXXXXXXXXXXXX.....	Chyba! Záložka není definována.
10.4.3	XXXXXXXXXXXXX	Chyba! Záložka není definována.
11	ZÁVĚR.....	61
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	64
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	65
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	67
	SEZNAM TABULEK	69
	SEZNAM PŘÍLOH.....	70

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 Úvod

Plasty a jejich aplikace zasahují v současné době význačně do našeho života a tvoří jeho nedílnou součást. Nárůst jejich výroby a spotřeby velmi podstatně převyšuje podobné ukazatele u materiálů klasických (kovových i nekovových). Polymerní materiály se za posledních pětadvacet let staly nepostradatelnými ve všech oblastech průmyslu a to hlavně díky svým charakteristickým vlastnostem, dostupnosti a poměrně snadnému zpracování. V dnešní době je velké množství výrobků vyráběných z konvenčních materiálů, jako jsou kovy, keramika, bavlna, vlna, dřevo a sklo nahrazeno výrobky z polymerních materiálů. Hlavními přednostmi polymerních materiálů jsou: dobrá chemická odolnost, dobrá měrná pevnost, možnost výroby hotového výrobku během jedné operace (vstřikování), elektrické a dielektrické vlastnosti a nízká hmotnost.

Zvyšující se počet dílů z plastu klade důraz mimo jiné na rychlé a spolehlivé metody spojování. Pokud nebudeme brát v úvahu metodu lepení, tak hlavní oblastí spojování je svařování, které je aplikovatelné pro řadu plastických materiálů. Stejně jako u kovů i zde dochází ke spojení v důsledku působení teploty. V průběhu několika let byly vyvinuty různé metody zahřívání a tavení svařované oblasti.

Mezi tyto metody patří:

- svařování horkým elementem
- rotační svařování
- ultrazvukové svařování
- vibrační svařování

Žádná z těchto metod není dokonale aplikovatelná na všechny materiály a každá má své výhody, nevýhody a omezení.

Svařování horkým elementem je jedna z rozšířených technologií svařování termoplastů. Je to jednoduchá, spolehlivá a ekonomicky výhodná cesta pro výrobu pevných a těsných svarových spojů.

Kontaktní metoda svařování horkým elementem je jeden z nejdéle používaných způsobů spojování plastových dílů. Teplo potřebné k natavení spojovaných dílů se přenáší jejich vzájemným kontaktem s předehřátou nahřívací deskou. U materiálů, u kterých využíváme metodu nízkoteplotního kontaktního svařování, hrozí ulpívání (přilepení) taveniny na povrchu svařovací desky. Z toho důvodu jsou svařovací desky opatřené speciálním ochranným teflonovým povlakem (PTFE). Díly jsou s deskou v kontaktu tak dlouho, dokud nedojde k vytvoření dostatečné natavené vrstvy. Pak dojde k velmi rychlému odtržení předehřátých dílů od svařovacích desek a k jejich rychlému spoje-

ní. Po dosažení požadované spojovací dráhy jsou díly přitlačovány tak dlouho, dokud nedojde ke ztuhnutí taveniny v místě svaru. Snahou je vytvořit svar, který dosáhne pevnosti blízké se pevnosti základního materiálu. Kontaktní svařování horkým elementem se vyznačuje velkou odolností a robustností vůči kolísání rozměrů svařovaných dílů.

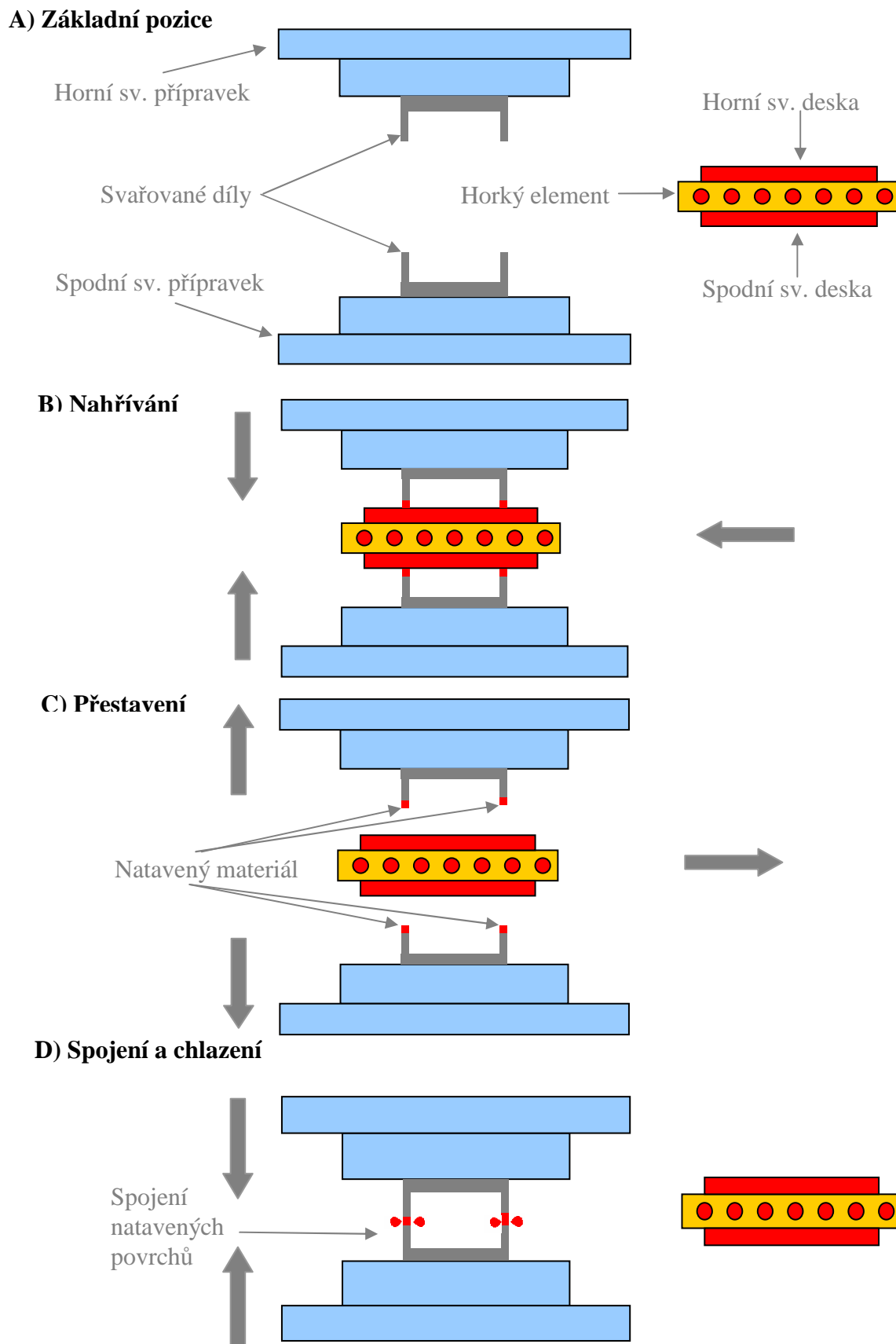
Svařování horkým elementem se často používá v sériové výrobě, a to i když má tato technologie, oproti jiným technologiím např. svařování vibračnímu, laserovému, rotačnímu či ultrazvukovému, relativně dlouhé časy výrobního cyklu. Z tohoto důvodu se některé sériové stroje navrhují i jako vícenásobné s několika na sobě nezávislými svařovacími hnízdy. Stroje, které se používají ve firmě Robert Bosch spol. s r.o. v Českých Budějovicích, jsou většinou dvounásobné a kompletně poháněny servopohony z důvodu jejich přesných regulací poloh a rychlostí pojezdů.

V RBCB se využívá kontaktního svařování horkým elementem v sériové výrobě od roku 2006. U 3. generace čerpadlových modulů se tato technologie používá převážně pro svařování dílů z materiálu polyoxymethylen (POM) a to jak elektricky vodivé, tak elektricky nevodivé varianty. Typické příklady takto svařených výrobků jsou: filtrační tlakové nádoby, držáky pump aj.

2 Varianty svařování horkým elementem

2.1 Nízkoteplotní kontaktní svařování horkým elementem

Nízkoteplotní kontaktní svařování horkým elementem je založeno na přenosu tepla ze svařovací desky do svařovaného dílu, kdy se díl prohřeje do určité hloubky a tím vznikne dostatečné množství taveniny. Na obr. č. 1 se nachází základní fáze a postup při kontaktním svařování horkým elementem. Během fáze zažehlení se odstraní veškeré nerovnosti, mastnota, ostré hrany apod. ze svařovací geometrie. Při fázi nahřívání dochází ke vzájemnému kontaktu dílů s teflonovou svařovací deskou, která je umístěna na horkém elementu (HE). Teplota HE se obvykle pohybuje v rozmezí 30 °C až 100 °C nad teplotou bodu tání svařovaných plastových dílů podle druhu použitého termoplastu. Teplota horkého elementu nesmí však přesáhnout teplotu cca 260 °C. Při překročení této teploty může dojít k degradaci a porušení PTFE povlaku, který je u této technologie svařování pro své antiadhézní vlastnosti nepostradatelný.



Obr. č. 1 Jednotlivé fáze a postup při kontaktním svařování horkým elementem

Svařovací geometrie obou dílů jen málokdy odpovídají teoretickému modelu, jsou zde různé odchylky rovinnosti, rovnoběžnosti, kruhovitosti, nečistoty, ostré hrany a hroty aj. Pro absolutní odstranění těchto defektů se využívá fáze zažehlení, při které jsou všechny odchylky odtaveny a vyrovnány. Přebytný objem materiálu je vytlačen formou taveniny ven ze svaru. Jakmile je celá plocha svařovací geometrie obou dílů plně v kontaktu s HE (rozžehlení defektů), posuv jednotek se zastaví a dochází k nahřívání dílů po takovou dobu, aby byla vytvořena dostatečná vrstva nataveného materiálu. Po dostatečném prohřátí materiálu následuje fáze přestavení. Při této fázi dochází k velmi rychlému odtržení dílů od svařovacích desek a odjetí HE zpět do výchozí pozice. Jakmile HE opustí prostor mezi díly, následuje poslední ze všech fází a tou je spojení dílů a chlazení taveniny ve svaru. Tato fáze začíná rychlým přijetím (maximální rychlostí stroje) svařovaných dílů k sobě těsně před kontakt a končí v okamžiku, kdy dojde k vzájemnému přitlačení dílů a prolnutí obou tavenin a tím dosažení předem definované svařovací dráhy. Po ukončení této fáze nastává chlazení svarového spoje bez dalšího pohybu dílů. Teplota svařených součástí v oblasti spoje postupně klesá. Díly jsou upnuty ve svařovacích přípravcích do doby, než veškerá tavenina v oblasti svaru ztuhne. Po ukončení času chlazení dojde k uvolnění dílů ze svařovacích přípravků, odjetí horní a dolní jednotky do základní pozice. Hotový díl buď zůstává ve spodním svařovacím přípravku nebo je automaticky vyjmut a odložen na určené místo. Některé termoplasty vykazují tendenci ulpívat a lepit se na funkční povrch svařovací desky upevněné na HE. V praxi toto lepení způsobuje závažný kvalitativní problém. Materiál ve svaru chybí, dochází ke vzniku vláken z taveniny, které mohou negativně ovlivnit funkci dalších komponent. Přilepená tavenina na desce se automaticky dostává do svaru následujícího dílu. Příčinou tohoto lepení je nízká povrchová energie, „smáčivost“ taveniny k povrchu a její tekutost či viskozita. [1]

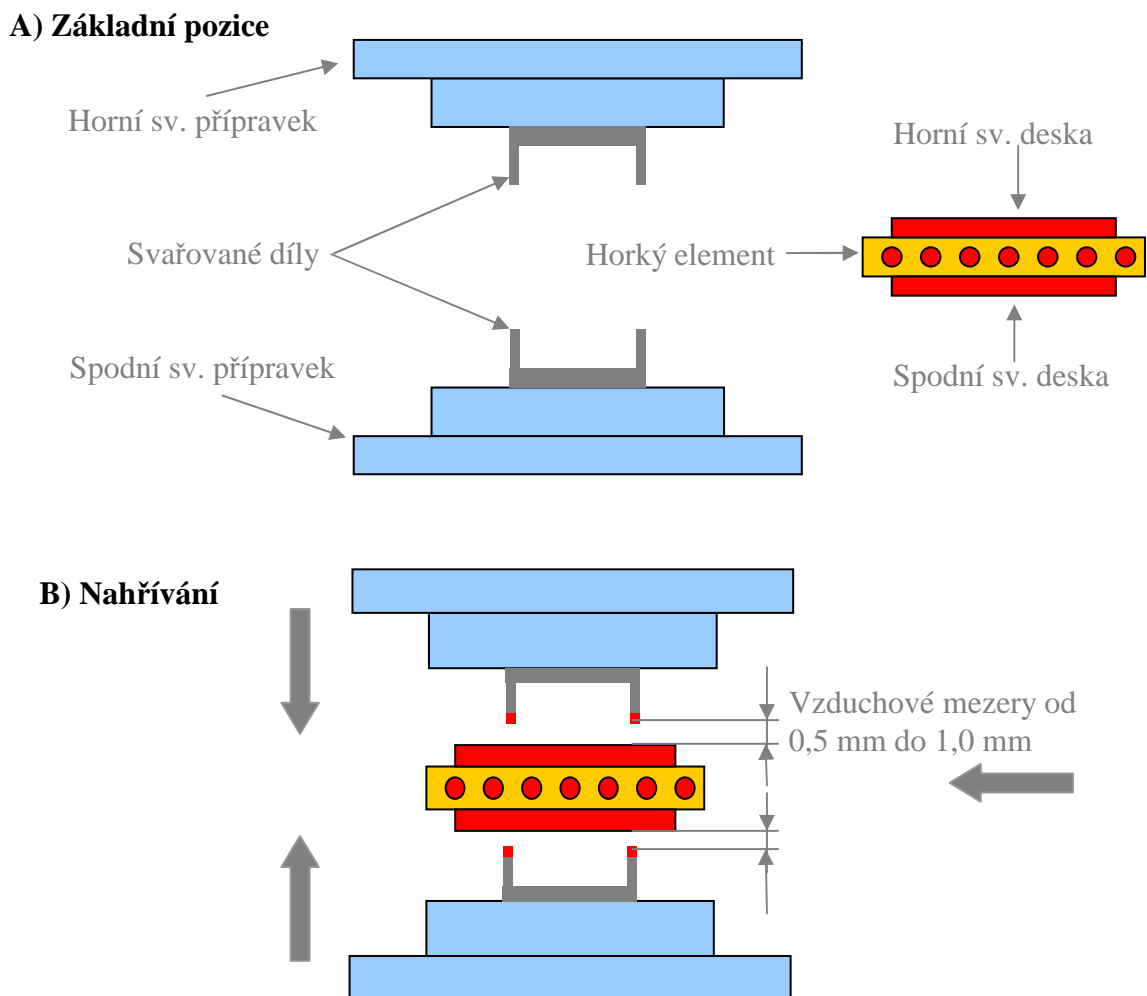
2.2 Vysokoteplotní kontaktní svařování horkým elementem

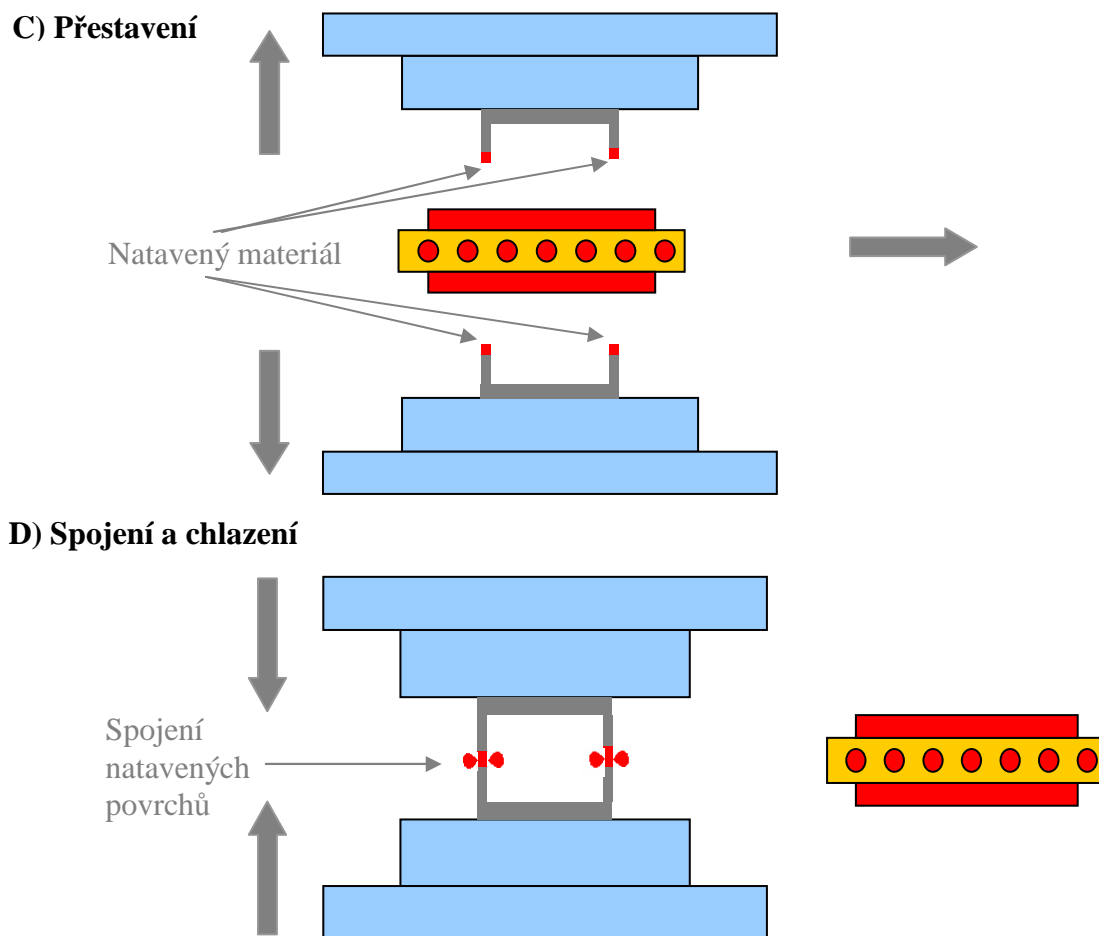
Vysokoteplotní svařování horkým elementem se využívá hlavně u takových termoplastů, které mají taveninu s vysokou tekutostí nebo teplotu tavení vyšší než maximální použitelná teplota PTFE povlaku nebo takové materiály, které obsahují plniva s výrazným abrazivním účinkem na PTFE vrstvy. U tohoto způsobu svařování dochází téměř vždy k ulpívání taveniny na povrchu svařovacích desek, a proto je jediným řešením použití dostatečně vysoké teploty na jejím povrchu. Teplota musí být zvolena tak vysoko, aby se veškerý přilepený materiál odpařil z povrchu desky (tzv. funkce samočištění desek). Tato teplota je závislá na druhu materiálu, většinou se pohybuje v rozmezí od 300 °C do 400 °C. Během vysokoteplotního svařování dochází k výraznému uvolňování škodlivin do okolí, které je třeba řádně odsávat popř. filtrovat.

U vysokoteplotního kontaktního svařování nemůžeme použít svařovací desky opatřené PTFE povlakem z důvodu příliš vysoké teploty. Zde se zpravidla používají ocelové desky bez povlaku nebo s povlaky na bázi PVD se sníženou povrchovou energií (např. CrN, TiN). Jednotlivé fáze a jejich postup jsou při vysokoteplotním kontaktním svařování naprosto stejné jako při nízkoteplotním kontaktním svařování, viz obr. č. 1. Z důvodu vysoké teploty používá tato technologie velmi krátké časy ohřevu, nejčastěji od 2 s do 10 s. Při použití příliš vysoké teploty nebo dlouhého času ohřevu hrozí degradace materiálu v oblasti svaru a tím snížení pevnosti, netěsnosti spoje apod. [1]

2.3 Bezkontaktní svařování

Bezkontaktní svařování je další způsob jak dosáhnout dobrého svarového spoje, aniž bychom museli řešit problémy s nalepením svařovaného materiálu k svařovací desce. Na obr. č. 2 se nachází jednotlivé fáze a postup u bezkontaktního svařování horkým elementem.





Obr. č. 2 Jednotlivé fáze a postup u bezkontaktního svařování horkým elementem

Je to způsob, kdy nedochází ke vzniku taveniny fyzickým kontaktem dílu a svařovací desky ale bezkontaktním přestupem tepla do dílu přes vzduchovou mezeru. Teplota je opět závislá na druhu materiálu, většinou se pohybuje v rozmezí od 400 °C do 550 °C. U této technologie je bezpodmínečně nutné zajistit rovinnost celé svařovací geometrie daných dílů do 0,2 mm. Takovou odchylku je prakticky možné udržet pouze u dílů menších rozměrů. Plastové díly větších rozměrů se po vystříknutí deformují, a tím znemožňují použití tohoto způsobu svařování. Pokud by byla např. rovinnost svařovací geometrie větší než povolená míra, docházelo by k nerovnoměrnému prohřátí dílů a tím oslabení svarového spoje. Díly jsou od svařovacích desek při fázi nahřívání vzdáleny od 0,5 mm do 1,0 mm. Svařovací parametry musejí být zvoleny tak, aby nedocházelo ke vzniku velkého či malého množství taveniny, degradaci materiálu apod. Rovinnost svařovací geometrie velkou mírou omezuje technologii bezkontaktního svařování, rozměr dílů svařovaných touto technologií obvykle nepřesáhne rozměr 100 mm x 100 mm. [1]

3 Hlavní parametry svařování horkým elementem

Následující pasáž o rozsahu 2 stránek obsahuje utajované skutečnosti a je obsažena pouze v archivovaném originále bakalářské práce uloženém na Pedagogické fakultě JU.

4 Stroje pro technologii svařování horkým elementem

Stroje pro svařování horkým elementem jsou podle umístění horkého elementu rozděleny na horizontální (jednotka HE a sv. desky jsou ve stroji umístěny ve vodorovné poloze) a vertikální (jednotka HE a sv. desky jsou ve stroji umístěny ve svislé poloze).

Jeich další dělení je např. podle druhu použité technologie (kontaktní, bezkontaktní způsob svařování), podle pohonů jednotlivých jednotek, stupně automatizace apod. Svařované díly mohou být vkládány a vyjímány zcela automaticky, manuálně obsluhou popř. kombinace obou způsobů. [1]

4.1 Stroje pro technologii svařování horkým elementem v RBCB

Následující pasáž o rozsahu 1 odstavce obsahuje utajované skutečnosti a je obsažena pouze v archivovaném originále bakalářské práce uloženém na Pedagogické fakultě JU.

4.2 Popis zkušebního svařovacího stroje v RBCB na oddělení TEF3

Následující pasáž o rozsahu 2 stránek obsahuje utajované skutečnosti a je obsažena pouze v archivovaném originále bakalářské práce uloženém na Pedagogické fakultě JU.

4.3 Popis postupu při svařování na stroji xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx

Následující pasáž o rozsahu 1 stránky obsahuje utajované skutečnosti a je obsažena pouze v archivovaném originále bakalářské práce uloženém na Pedagogické fakultě JU.

5 Testování svarového spoje

Zkoušky svarových spojů jsou nedílnou součástí vývoje každého svařovacího procesu. Svarový spoj můžeme posuzovat z několika hledisek. Mezi základní zkušební metody patří zkouška těsnosti a zkouška pevnosti. Tyto metody jsem také využil při hledání optimálních svařovacích parametrů u vybraných termoplastů. Dále existují např. creepové zkoušky, tlakové pulzace aj., které slouží pro simulaci dlouhodobého chování svaru. Z hlediska dlouhodobého časového horizontu těchto zkoušek nebyly provedeny.

5.1 Zkouška těsnosti

Zkoušky těsnosti jsou první zkoušky, které provádíme s danými vzorky. Jedná se o nedestrukční zkoušky. Tyto zkoušky nám odhalují případné netěsnosti svaru daného vzorku. Netěsnost nastává v případě, že se ve svaru vyskytují trhliny, mikrotrhliny nebo mikropóry. Zkušební metoda a

testovací kritéria jsou stanovena na základě požadavků zákazníka. Měření těsnosti je tedy měření průtoku za daný čas nebo měření poklesu tlaku ve vzorku. Některé metody určují pouze velikost netěsnosti a některé jsou schopny odhalit i místa netěsnosti. Používané zkoušky těsnosti v RBCB podle druhu testovacího média:

- Héliové zkoušky
- Vodíkové zkoušky
- Vzduchové zkoušky
 - metoda bublinková
 - metoda měření průtoku
 - metoda měření poklesu tlaku ve vzorku za použití měřicího zařízení Ateq [2]

Pro kontrolu těsnosti zkušebních tělísek jsem zvolil bublinkovou metodu za použití vzduchu. Tato metoda je z hlediska HES dostačující a časově a finančně nenáročná.

5.1.1 Bublinková metoda zkoušky těsnosti vzduchem

Bublinková metoda zkoušky těsnosti vzduchem je jedna z metod, která dokáže přímo odhalit místo netěsnosti.

Postup měření:

1. Umístění vzorku do přípravku.
2. Utěsnění všech otvorů, kterými by mohl utíkat vzduch.
3. Na jeden z otvorů se připojí přívod tlakového vzduchu.
4. Vzorek se umístí pod vodní hladinu a natlakuje se testovacím tlakem.
5. V případě netěsnosti je přímo z inkriminovaného místa patrný únik bublin. [2]

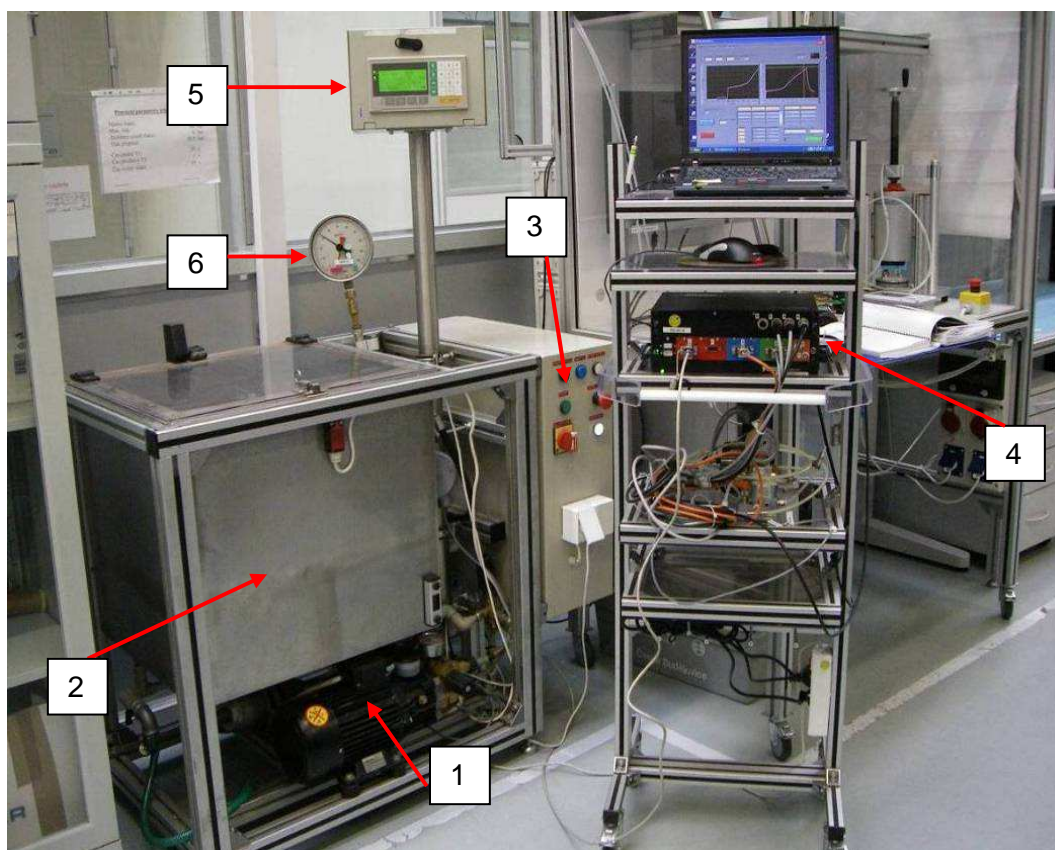
5.2 Tlaková destrukční zkouška

Jedná se o jednocelové tlakovací zařízení k provádění statických tlakových zkoušek plastových výlisků s vnitřní dutinou, viz. obrázek č. 6. Zkouška je destrukční a probíhá až do roztržení součásti nebo dosažení maximálního pracovního tlaku. [3]

5.2.1 Zkušební kapalina používaná při tlakové destrukční zkoušce

V RBCB se pro statické a dynamické zkoušky používá Thewalt (zkušební médium podobné benzínu) nebo voda. Snahou je však nahradit Thewalt ekologičtější a lacinější vodou. Thewalt patří mezi hořlavé a nebezpečné látky, bod vzplanutí má v rozmezí od 21 °C do 55 °C. Je zdraví škodlivý

a patří do kategorie nebezpečných odpadů. V tabulce č. 1 můžeme vidět porovnání vlastností zkušebních kapalin používaných v RBCB.



Obr. č. 6 Zkušební tlakovací zařízení

1. Hydrogenerátor, 2. Pracovní prostor, 3. Ovládací panel, 4. Externí záznamové zařízení „Black box“, 5. PLC s displejem, 6. Manometr

Voda je čistá bezbarvá kapalina u které nehrozí nebezpečí požáru u zdroje tepla nebo při úniku v nebezpečných prostorách. Je mnohem přijatelnější při styku s lidskou pokožkou, ke kterému dochází při vyjímání dílů z pracovního prostoru tlakovacího zařízení nebo při pozdější analýze. Náklady na pořízení jsou v porovnání s Thewaltem zanedbatelné. [3]

Parametr	Voda	Thewalt
Vlastnosti	bezbarvá, bez zápachu	bezbarvý, jemný zápach
Bod vzplanutí [°C]	-	39
Oblast varu [°C]	100	155/185
Hustota [kg/m ³] při 20 °C	998	767
Kinematická viskozita [mm ² /s]	1,00	1,30

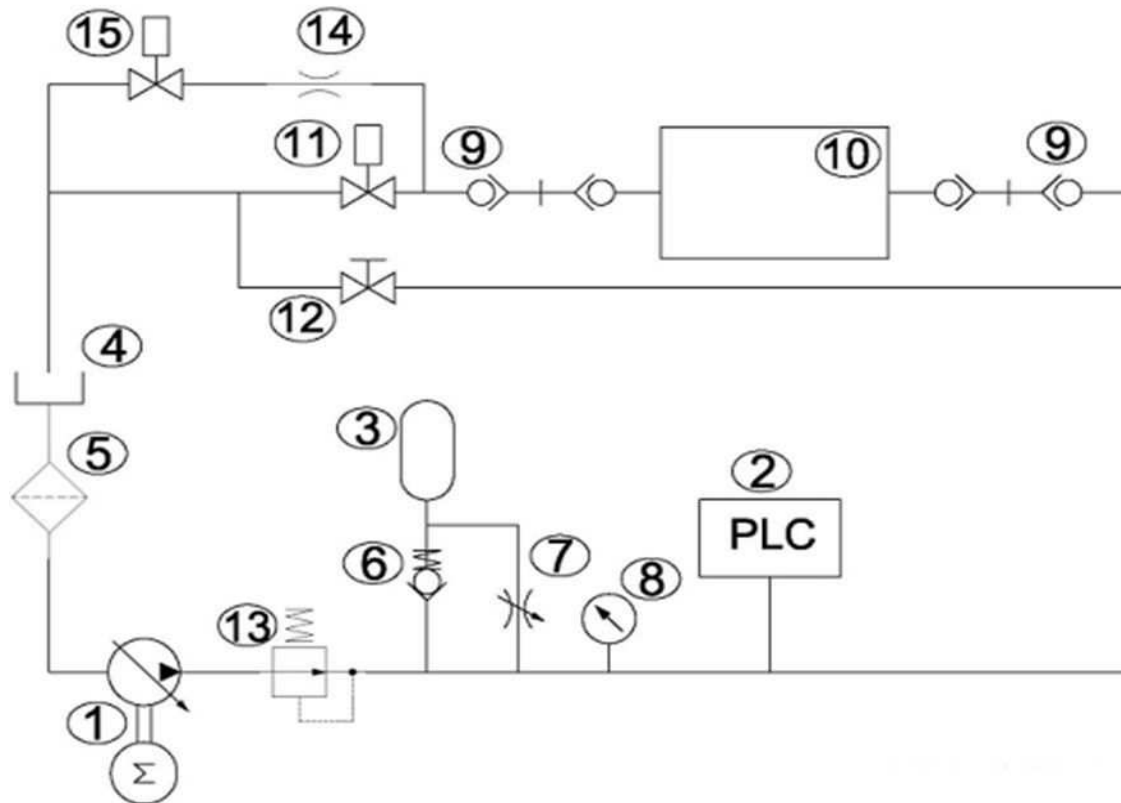
Tab. č. 1 Porovnání vlastností zkušebních kapalin v RBCB [3]

5.2.2 Technický popis zařízení

Hydraulické schéma tlakového destrukčního zařízení je znázorněno na obrázku č. 7. Jako zkušební kapalina se používá voda. Hydrogenerátor je axiální pístové čerpadlo se třemi písty poháněný elektromotorem o výkonu 3,2 kW a regulovaným frekvenčním měničem. Pojistný ventil, jistící obvod proti přetížení, je uložen za čerpadlem. Průběh tlaku vyrovnává akumulátor s pryžovým vakem o jmenovitém objemu 1 l a maximálním provozním tlakem 350 bar, který je plněný dusíkem na 20 bar. Za akumulátorem je připojen manometr se dvěma ručičkami, první slouží pro sledování průběhu tlaku během zkoušky a druhý ukazuje maximální dosaženou hodnotu zkoušeného vzorku. Zkoušený díl je umístěn v přípravku a připojen k tlakovým hadicím přes rychlospojky. Na odvzdušňovací větvi je solenoidový elektromagnetický ventil „11“, který se uzavře po naplnění součásti médiem před začátkem tlakovací fáze. Za zkoušeným dílem pouští elektromagnetický ventil „15“ tlak přes vřazenou trysku upravující průběh tlaku před náběhem funkce akumulátoru. Na paralelní větvi k součásti následuje uzavírací kohout pro nouzové upuštění tlaku z obvodu. Dále se obě větve spojují a obvod pokračuje do nádrže, ze které hydrogenerátor přes filtr odebírá kapalinu. Po destrukci dílu uniká médium do pracovního prostoru a odtud stéká do odkalovací nádrže. Výška hladiny kapaliny v nádrži se kontroluje na stavoznaku. Připojený PLC s mikroprocesorem ovládá funkci a časování jednotlivých prvků v obvodu.

Ovládací tlačítka zařízení (zapnutí, vypnutí, centrální vypínač apod.) jsou umístěna na přední části ovládací skříně. Na ovládacím panelu PLC lze nastavit:

- defektní rozdíl tlaku, při kterém se zkouška přeruší [bar]
- nárůst tlaku [bar/s]
- konstantu citlivosti P
- maximálně dosažitelný tlak [bar]
- minimální otáčky elektromotoru [%]
- čas plnění vzorku [s]
- čas prodlevy po uzavření odvzdušňovací větve před nárůstem tlaku [s] [4]



Obr. č. 7 Hydraulické schéma tlakového destrukčního zařízení [4]

1. Čerpadlo + motor, 2. PLC, 3. Akumulátor, 4. Nádrž, 5. Filtr, 6. Zpětný ventil, 7. Škrťací ventil, 8. Manometr, 9. Rychlospojka, 10. Zkoušený vzorek, 11. Elektroventil 1, 12. Ruční ventil, 13. Pojistný ventil, 14. Škrťací tryska, 15. Elektroventil 2

5.2.3 Průběh zkoušky

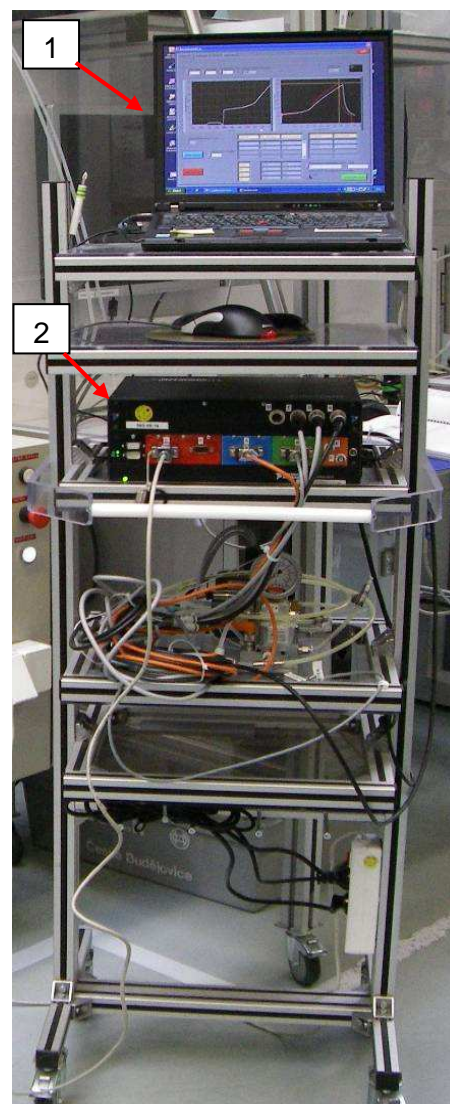
Zkoušený díl se upne do zkušební přípravku. Ten musí být vyroben tak, aby v žádném případě nebyla ovlivněna pevnost dílu a místo destrukce, tzn. nesmí být upínán, předepínán nebo přidržován přes svar. Utěsní se všechny vývody ze zkoušeného vzorku a připojí se na tlakovou a odvzdušňovací větev pomocí rychlospojek. Pracovní prostor z nerezové vany se zapojeným vzorkem je uzavřen průhledným polykarbonátovým víkem. Uzavřením víka se odjistí bezpečnostní spínač a je možno spustit testovací zařízení. Na ovládacím panelu PLC obsluha nastaví požadované parametry zkoušky. Je-li požadován grafický záznam průběhu zkoušky, je možno připojit univerzální modul pro sběr dat, tzv. „Blackbox“, propojený s notebookem viz. obrázek č. 8. V notebooku je nainstalován měřicí program a ovladače měřicí karty. V programu je možné grafické zobrazení snímaných dat i jejich uložení pro případné další zpracování, viz. obrázek č. 9.

Vlastní zkouška se skládá ze dvou částí. V plnicím cyklu při otevřeném elektromagnetickém ventilu nejprve dojde podle nastavených parametrů k naplnění součásti zkušební kapalinou a tím k odvzdušnění dílu. Během nastavené časové prodlevy dojde k poklesu tlaku na nulu a poté k uzavře-

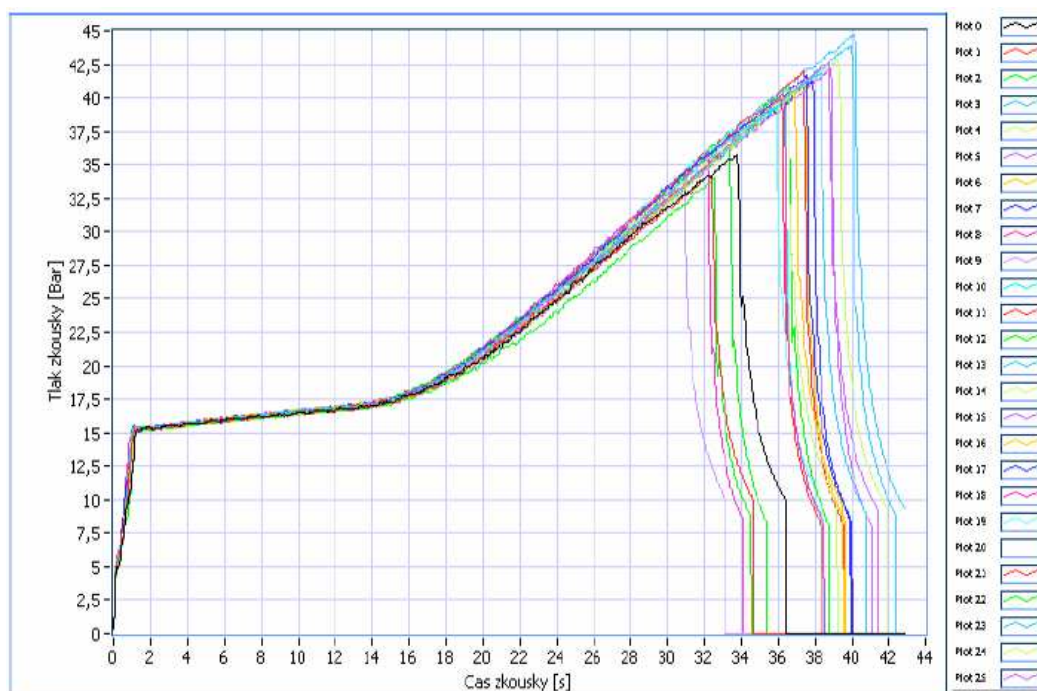
ní odvodušňovací větve. Následuje vlastní tlakovací fáze, při které dochází k nárůstu tlaku nastaveným gradientem např. 1 bar/s. Při destrukci dílu dojde k rychlému poklesu tlaku. Jakmile tlak poklesne o nastavenou hodnotu, dojde k přerušení celé zkoušky a maximální dosažený tlak se zobrazí na displeji ovládacího panelu, případně se uloží v záznamovém zařízení „Blackbox“. Po snížení tlaku na nulu můžeme otevřít ochranný kryt a testovanou součást vyjmout z přípravku. [4]

Obr. č. 8 Záznamové zařízení Blackbox

1. Notebook, 2. Black box



Obr. č. 9 Záznam statické zkoušky tlakování dílů až do destrukce



6 Metody plánování, ověřování a vyhodnocování

Následující pasáž o rozsahu 5 stránek obsahuje utajované skutečnosti a je obsažena pouze v archivovaném originále bakalářské práce uloženém na Pedagogické fakultě JU.

6.1 Mikrotomová analýza

Mikrotomová analýza je analýza struktury svaru. Kvalita struktury svaru je velice důležitá z hlediska jeho mechanických vlastností a dlouhodobého chování.

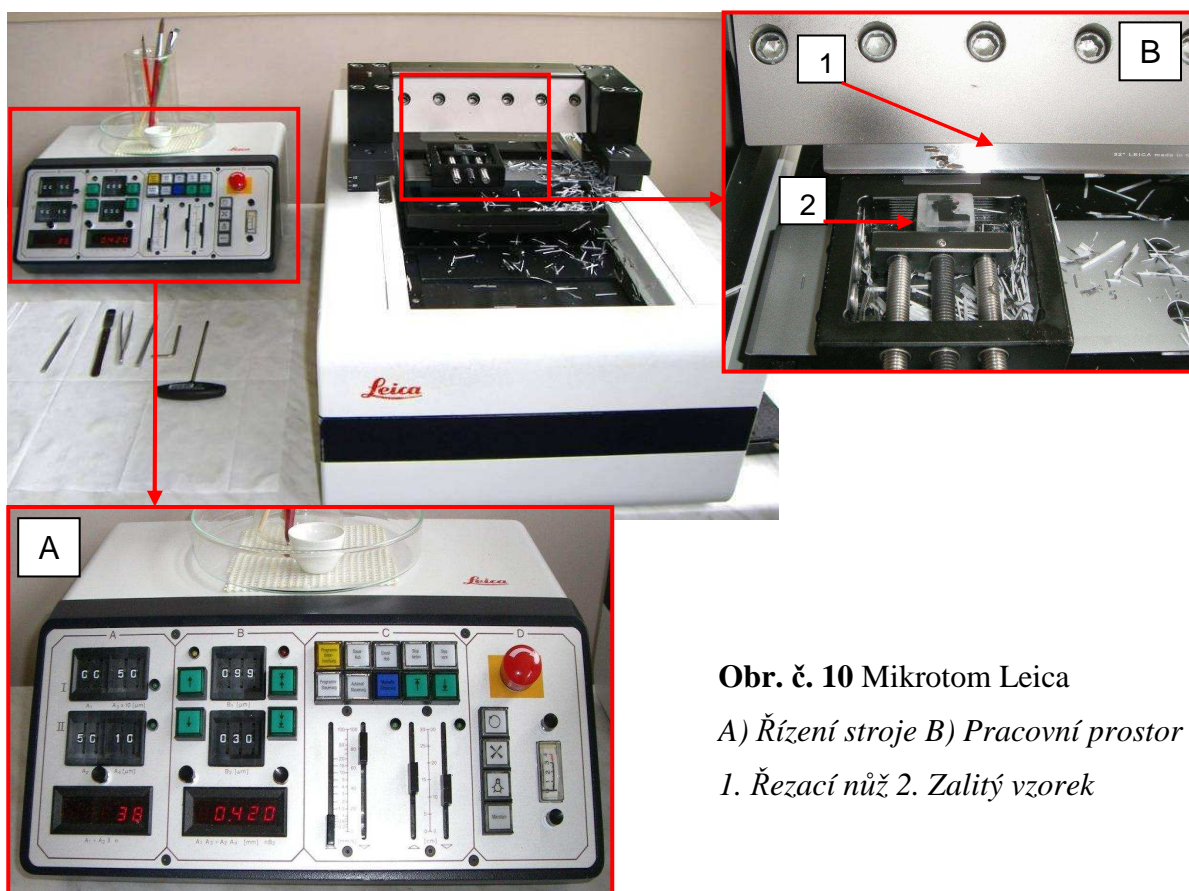
Mikrotom je přístroj určený na řezání velmi tenkých řezů pro mikroskopování, viz. obrázek č. 10. Tato analýza patří mezi nejdůležitější nástroje při posuzování svarového spoje. Díky této analýze můžeme ve vzorku pozorovat:

- strukturu materiálu dílů, ovlivněného mat. (blízko svaru), mat. přímo ve svaru
- vzájemnou polohu horní a spodní svařovací geometrie

- příměsí a znečištění, neroztavené částice materiálu
- stavy napětí způsobené vnějšími a vnitřními silami (taktéž deformace)
- tloušťky natavených nebo teplotně ovlivněných vrstev

Pro přesnou analýzu musíme dodržovat několik pravidel při přípravě vzorku určeného pro mikrotomovou analýzu. Vzorek musíme vyříznout ze zkušební dílu, zalít do metakrylátové licí pryskyřice určené pro technické použití (Dentakryl) a zalitý vzorek nechat nařezat na určitou tloušťku. Tloušťka řezu se liší podle použitého materiálu při svařování. Přírodní materiály neplněné se řezou většinou na tloušťku od 10 μm do 20 μm , plněné materiály např. sklem se řezou na tloušťku od 10 μm do 50 μm . Při tenkých řezech hrozí poškození řezu při seřezávání a následné manipulaci.

Během řezání dochází k deformaci zkoumaného vzorku, které se při měření projevuje změnou délky a někdy je viditelné pod mikroskopem jako zvlnění. Intenzita stlačení závisí na úhlu břitu a rychlosti posuvu mikrotomového nože. V ose posuvu bývá deformace materiálu až do 20 % a v ose kolmé na posuv do 3 %, záleží na tloušťce řezu, druhu materiálu apod.



Obr. č. 10 Mikrotom Leica

A) Řízení stroje B) Pracovní prostor

1. Řezací nůž 2. Zalitý vzorek

II. PRAKTICKÁ ČÁST

7 Zkušební svařovací tělísko

Zkušební tělísko bylo navrženo pouze za účelem vývojových zkoušek a ne pro použití v praxi. Tloušťka stěny musela být zvolena tak, aby přednostně docházelo k porušení ve svařovém spoji a tím se testovala pouze pevnost svaru a nikoliv dílu. Svařovací geometrie tělísek je navržena podle použité technologie (HES, USS, aj.). Z důvodu zajištění 100 % kontaktu obou svařovacích geometrií po obvodu, má dolní zkušební tělísko svařovací geometrii širší o 0,4 mm. Každé tělísko má otvor pro odvzdušnění či naplnění zkušebním médiem. Na obr. č. 11 se nachází zkušební svařovací tělísko z materiálu HDPE (vysokohustotní polyethylen).



Obr. č. 11 Zkušební svařovací tělísko

3D modely a výkres zkušebního svařovacího tělíska se nachází v příloze PI a PII.

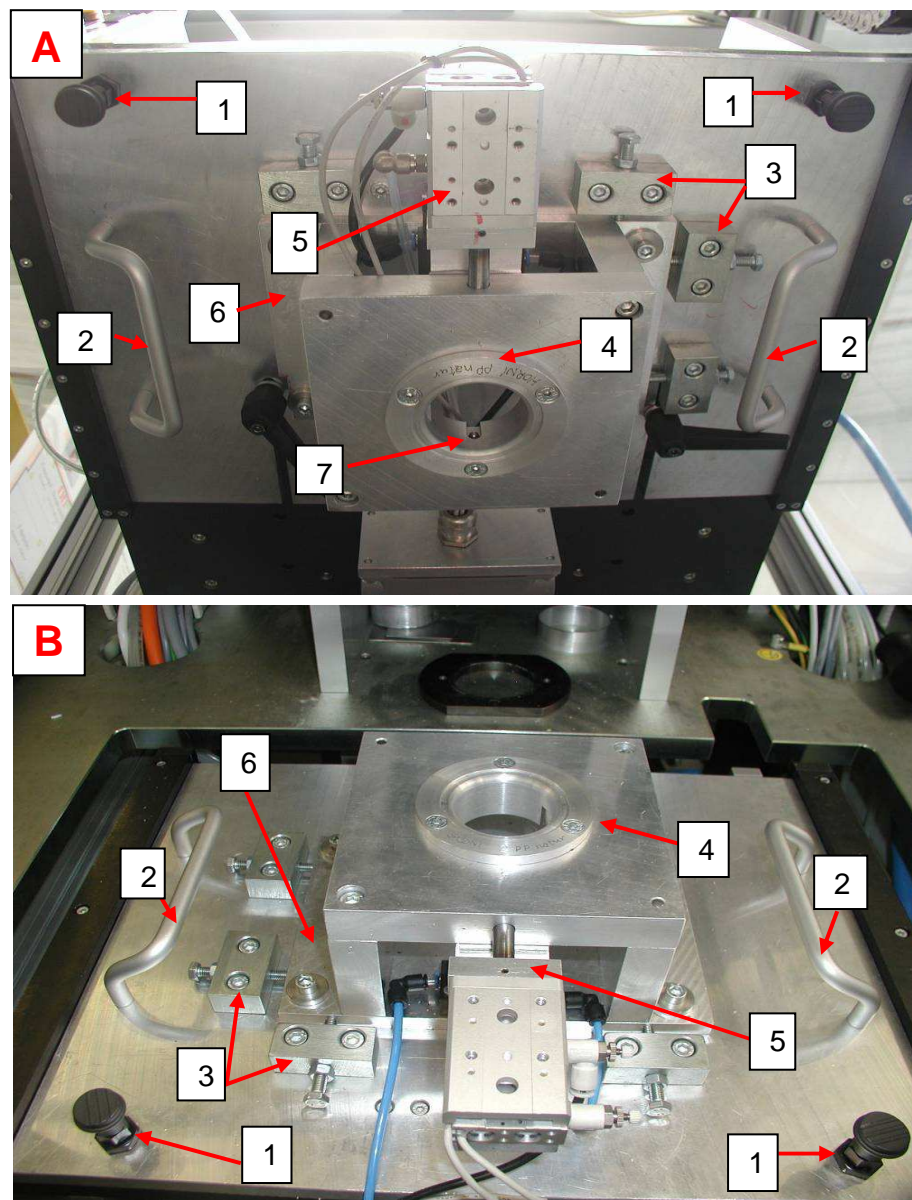
8 Zkušební přípravky

Všechny přípravky byly vyrobeny na dílně TEF3. Svařovací přípravek jsem navrhl spolu s p. Ing. Málkem a za podpory zkušeného týmu mechaniků. Přípravky na tlakovou destrukční zkoušku a měření těsnosti, navrhoval p. Ing. Muk, který se specializuje na destrukční zkoušky a zkoušky těsnosti.

8.1 Svařovací přípravek

Jedná se o jednoduchý sv. přípravek bez hlídání správnosti založení dílů a bez podtlakových snímačů. Svařovací přípravek se vždy skládá z horní a dolní poloviny. Svařovací přípravek je znázorněn na obr. č. 12.

Elektronika, pneumatika a kódování svařovacího přípravku je zajišťováno přes kombinovanou elektropneumatickou zástrčku typu „Harting“. Z důvodu různého smrštění všech materiálů, je tvarová vložka výměnná a vyrobena pro každý materiál zvlášť.

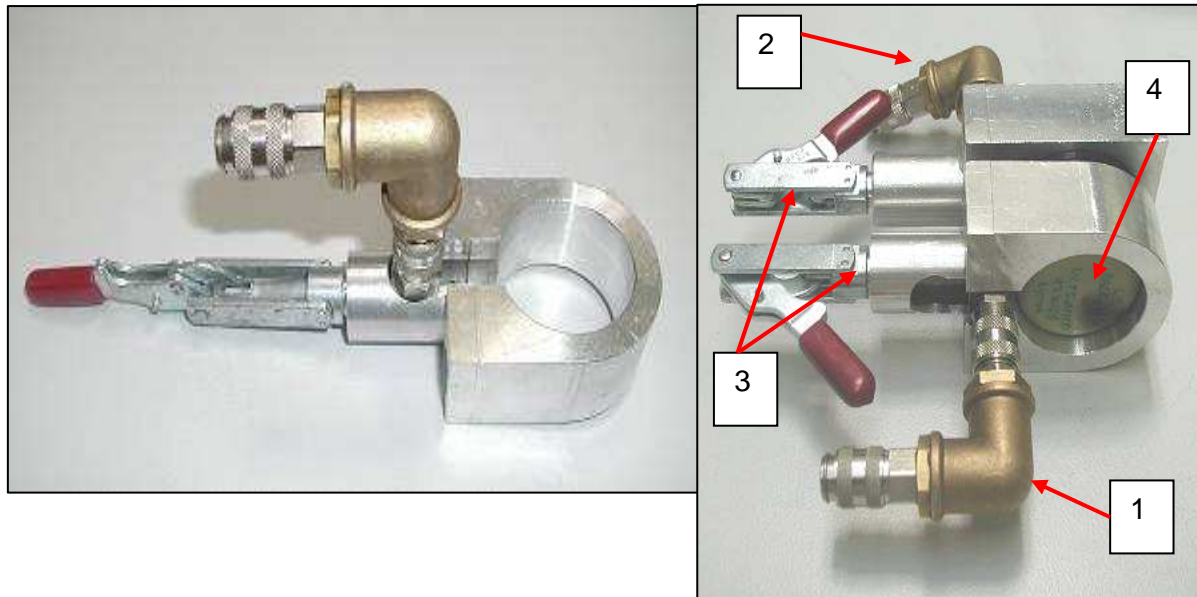


Obr. č. 12 Horní (A) a dolní (B) svařovací přípravek

1. Centrážní čepy, 2. Madla, 3. Seřizovací dorazy, 4. Tvarová vložka, 5. Pneumatický upínač dílu, 6. Seřizovací mezideska přípravku, 7. Předpružený upínací prvek

8.2 Přípravek na tlakovou destrukční zkoušku

Při výrobě těchto přípravků byl kladen důraz na jejich provedení, viz. kap. 5.2.3. Přípravky na tlakovou destrukční zkoušku jsou znázorněny na obrázku č. 13.

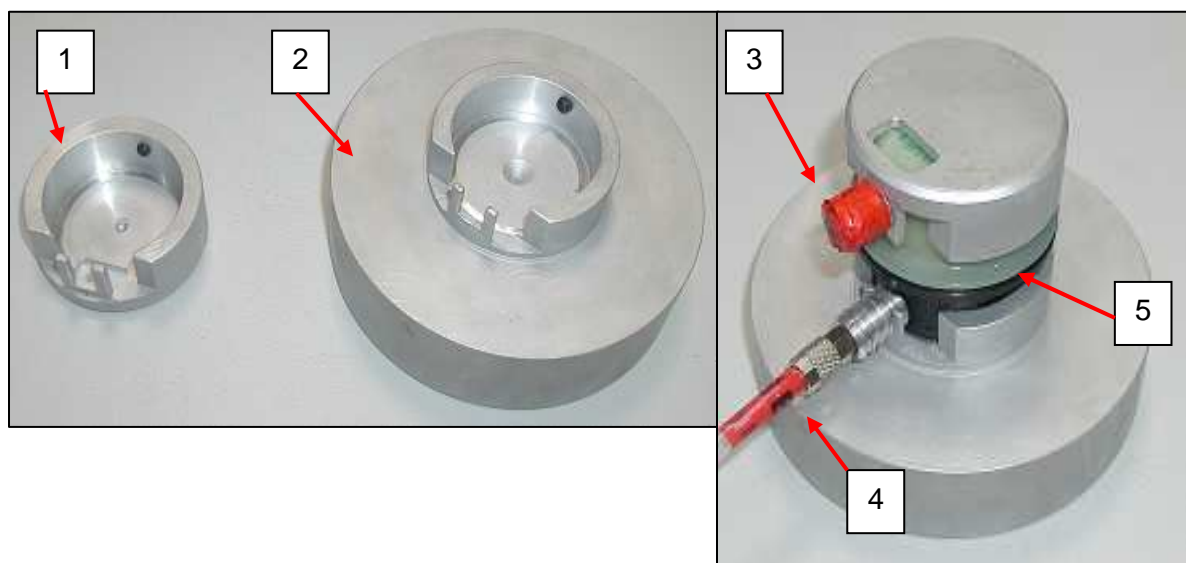


Obr. č. 13 Přípravky na tlakovou destrukční zkoušku

1. Odvzdušnění, 2. Přívod média, 3. Utěsnění otvorů pomocí pákového upínače, 4. Testovaný díl

8.3 Přípravek na měření těsnosti

Pro měření těsnosti bublinkovou metodou postačoval konstrukčně jednoduchý přípravek, viz. obrázek č. 14. Díl se vloží do spodní části přípravku, přiklopí se víčkem, jeden z otvorů se utěsní ucpávkou a druhý se využije pro přívod vzduchu. Takto připravený vzorek se pak ponoří do nádrže s vodou a sleduje se zda nedochází k úniku ze svarového spoje.



Obr. č. 14 Přípravek na měření těsnosti

1. Víčko, 2. Spodní přípravek, 3. Ucpávka, 4. Přívod vzduchu, 5. Testovaný díl

9 Testované materiály zkušebních tělísek

Následující pasáž o rozsahu 1 stránky obsahuje utajované skutečnosti a je obsažena pouze v archivovaném originále bakalářské práce uloženém na Pedagogické fakultě JU.

9.1 Požadavky

Optimalizace svařovacích parametrů pro technologii svařování horkým elementem je částí většího projektu, který probíhá v RBCB/TEF3. Do tohoto projektu patří i optimalizace svařovacích parametrů pro technologie ultrazvukového svařování, rotačního svařování nebo laserového svařování na stejných dílech, avšak s jinou svařovací geometrií. Cílem projektu je nalézt optimální svařovací parametry nejen z hlediska druhu materiálu ale i z hlediska užití spojovací technologie a základě získaných výsledků porovnat spojovací technologie pro daný materiál (pevnost, těsnost, šíře parametrových oken a ostatní specifika plynoucí z použití dané technologie).

Hlavní požadavky na svařené díly:

- Těsnost (kap. 5.1)
- Tlaková destrukční zkouška (kap. 5.2)

10 Optimalizace svařovacích parametrů pro technologii svařování horkým elementem

Následující pasáž o rozsahu 24 stránek obsahuje utajované skutečnosti a je obsažena pouze v archivovaném originále bakalářské práce uloženém na Pedagogické fakultě JU.

11 Závěr

Následující pasáž o rozsahu 3 stránek obsahuje utajované skutečnosti a je obsažena pouze v archivovaném originále bakalářské práce uloženém na Pedagogické fakultě JU.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Grewell D., Benatar A., Park J. B.: *Plastics and Composites Welding Handbook*, HANSER, 2003.
- [2] Kováčová Z.: *Měření těsnosti Handbook: Firemní materiály: Robert Bosch České Budějovice*, spol. s r. o., 2008
- [3] MUK, K.: *Zkušební zařízení pro destrukční zkoušky plastových dílů vnitřním přetlakem: diplomová práce FS ČVUT: Praha, 2008. 84 p.*
- [4] HÁJEK, J.: *Tlakovací zařízení TZ 10/2005: Manuál pro obsluhu, údržbu a seřízení stroje Fa. Hanex: Mladá Vožice.*
- [5] DOE: *Několik otázek a odpovědí o statisticky navrženém experimentu* [online]. [cit. 2008-12-15]. Available from [www.http://www.interquality.cz/INTERN%C3%8DKURZY/DOEInterquality/tabid/79/Default.aspx](http://www.interquality.cz/INTERN%C3%8DKURZY/DOEInterquality/tabid/79/Default.aspx)
- [6] Prezentace: *Plánovaný experiment*, [online]. [cit. 2008-12-17]. Available from [www:http://www2.humusoft.cz/www/akce/witkonf06/prispevky/ppt/maros.ppt](http://www2.humusoft.cz/www/akce/witkonf06/prispevky/ppt/maros.ppt)
- [7] Centrála řízení jakosti Robert Bosch: *Způsobilost strojů a procesů: Firemní materiály, sešit č. 9: Robert Bosch, spol. s r. o., 2004*
- [8] Šuta, Miroslav: *Chemické látky v životním prostředí a zdraví: Ekologický institut Veronica: Brno, 2008*
- [9] VESELÝ, K.: *Polymery: ČSPCH - Česká společnost průmyslové chemie – pobočka UNIPLAST: Brno, 1992.*
- [10] MLEZIVA, J.: *Polymery – výroba, struktura, vlastnosti a použití: Sobotáles: 1st ed. Praha, 1993.*
- [11] Sova, M., Krebs, J.: *Termoplasty v praxi: Svazek 1: ISBN 80-86229-15-7: Praha, 2001*

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Název veličiny / význam zkratky	Znak	Jednotka
Dvouúrovňový faktoriální test (<i>Two level factorial test</i>)	2LFT	[-]
Druh povlaku s vysokou odolností proti otěru za tepla	AlTiCrN	[-]
Hodnota tlaku při destrukci (<i>Burst pressure</i>)	Berstdruck	[bar]
Index způsobilosti stroje	C_m, C_{mk}	[-]
Index způsobilosti procesu	C_p, C_{pk}	[-]
Chromnitridový povrch	CrN	[-]
Úspěšnost splnění požadavku	d	[%]
Celkové splnění optimalizace	D	[%]
Plánování experimentů (<i>Design of Experiment</i>)	DoE	[-]
Dolní toleranční mez	DTM	[-]
Vysokohustotní polyethylen (<i>High density polyethylen</i>)	HDPE	[-]
Horký element (<i>Hot plate</i>)	HE	[-]
Svařování pomocí horké desky (<i>Heizelementschweissen</i>) (<i>Hot Plate welding</i>)	HES, HPW	[-]
Horní toleranční mez	HTM	[-]
Polyamid	PA66	[-]
Plackett Burmanův test	PB	[-]
Programovatelný logický automat (<i>Programmable logic controller</i>)	PLC	[-]
Polyoxymethylen	POM	[-]
Polypropylen	PP	[-]
Polyphthalamid	PPA	[-]
Polyfenylsulfid	PPS	[-]
Polytetrafluoretylen, (např. teflon)	PTFE	[-]
Technologie nanášení vysoce odolných povrchů proti otěru	PVD	[-]
Satistický software	QS STAT ME 5	[-]

Robert Bosch spol. s r.o. v Českých Budějovicích	RBCB	[-]
Optimalizace procesu	Response Optimizer	[-]
Čas	t	[s]
Teplota	T	[°C]
Oddělení technických funkcí	TEF3	[-]
Titannitridový povrch	TiN	[-]
Průměrná hodnota, aritmetická průměrná hodnota	x	[-]
Maximální hodnota	x_{\max}	[-]
Minimální hodnota	x_{\min}	[-]
Aktuální hodnota výstupní odezvy	y	[-]

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. č. 1	Jednotlivé fáze a postup při kontaktním svařování horkým elementem	10
Obr. č. 2	Jednotlivé fáze a postup u bezkontaktního svařování horkým elementem	13
Obr. č. 3	Závislost rychlosti a dráhy pro lisovací jednotku..	Chyba! Záložka není definována.
Obr. č. 4	Zkušební svařovací stroj	Chyba! Záložka není definována.
Obr. č. 5	Svařovací desky používané na stroji	Chyba! Záložka není definována.
Obr. č. 6	Zkušební tlakovací zařízení.....	21
Obr. č. 7	Hydraulické schéma tlakového destrukčního zařízení [4].....	23
Obr. č. 8	Záznamové zařízení Blackbox	24
Obr. č. 9	Záznam statické zkoušky tlakování dílů až do destrukce.....	24
Obr. č. 10	Mikrotom Leica	30
Obr. č. 11	Zkušební svařovací tělísko	32
Obr. č. 12	Horní (A) a dolní (B) svařovací přípravek	33
Obr. č. 13	Přípravky na tlakovou destrukční zkoušku.....	34
Obr. č. 14	Přípravek na měření těsnosti	34
Obr. č. 15	.....	Chyba! Záložka není definována.
Obr. č. 16	.....	Chyba! Záložka není definována.
Obr. č. 17	.....	Chyba! Záložka není definována.
Obr. č. 18	.....	Chyba! Záložka není definována.
Obr. č. 19	.....	Chyba! Záložka není definována.
Obr. č. 20	.....	Chyba! Záložka není definována.
Obr. č. 21	.....	Chyba! Záložka není definována.
Obr. č. 22	.....	Chyba! Záložka není definována.
Obr. č. 23	.....	Chyba! Záložka není definována.
Obr. č. 24	.....	Chyba! Záložka není definována.
Obr. č. 25	.....	Chyba! Záložka není definována.
Obr. č. 26	.....	Chyba! Záložka není definována.
Obr. č. 27	.....	Chyba! Záložka není definována.
Obr. č. 28	.....	Chyba! Záložka není definována.
Obr. č. 29	.....	Chyba! Záložka není definována.
Obr. č. 30	.....	Chyba! Záložka není definována.

Obr. č. 31 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	Chyba! Záložka není definována.
Obr. č. 32 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	Chyba! Záložka není definována.
Obr. č. 33 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	Chyba! Záložka není definována.
Obr. č. 34 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	Chyba! Záložka není definována.

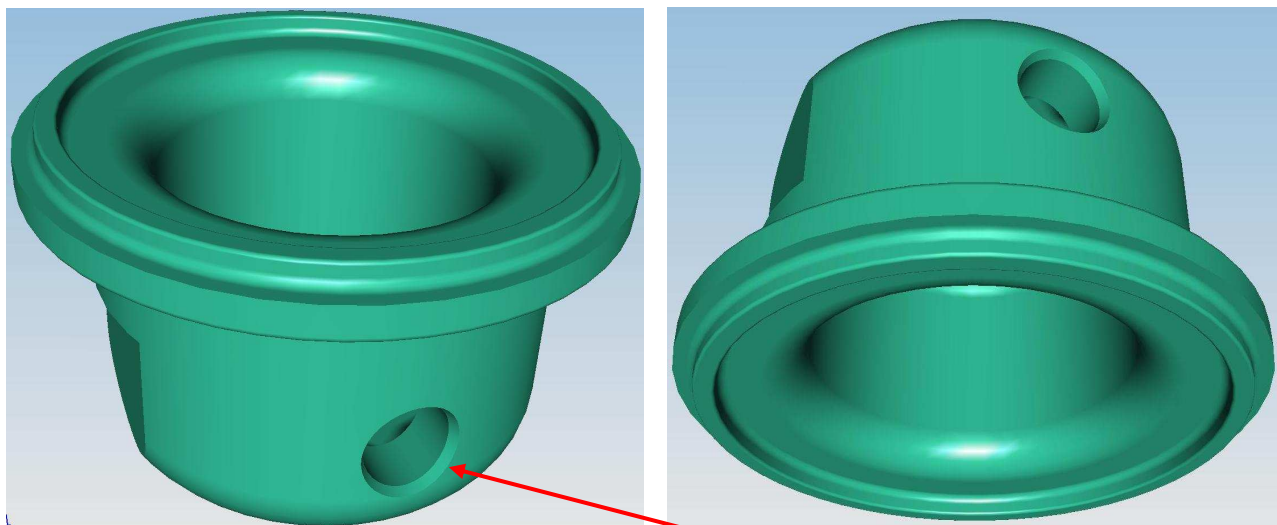
SEZNAM TABULEK

Tab. č. 1 Porovnání vlastností zkušebních kapalin v RBCB [3]	21
Tab. č. 2 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	Chyba! Záložka není definována.
Tab. č. 3 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	Chyba! Záložka není definována.
Tab. č. 4 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	Chyba! Záložka není definována.
Tab. č. 5 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	Chyba! Záložka není definována.
Tab. č. 6 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	Chyba! Záložka není definována.
Tab. č. 7 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	Chyba! Záložka není definována.
Tab. č. 8 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	Chyba! Záložka není definována.
Tab. č. 9 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	Chyba! Záložka není definována.
Tab. č. 10 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	Chyba! Záložka není definována.
Tab. č. 11 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	Chyba! Záložka není definována.
Tab. č. 12 Porovnání optimálních svařovacích parametrů jednotlivých materiálů	Chyba! Záložka není definována.
Tab. č. 13 xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	Chyba! Záložka není definována.

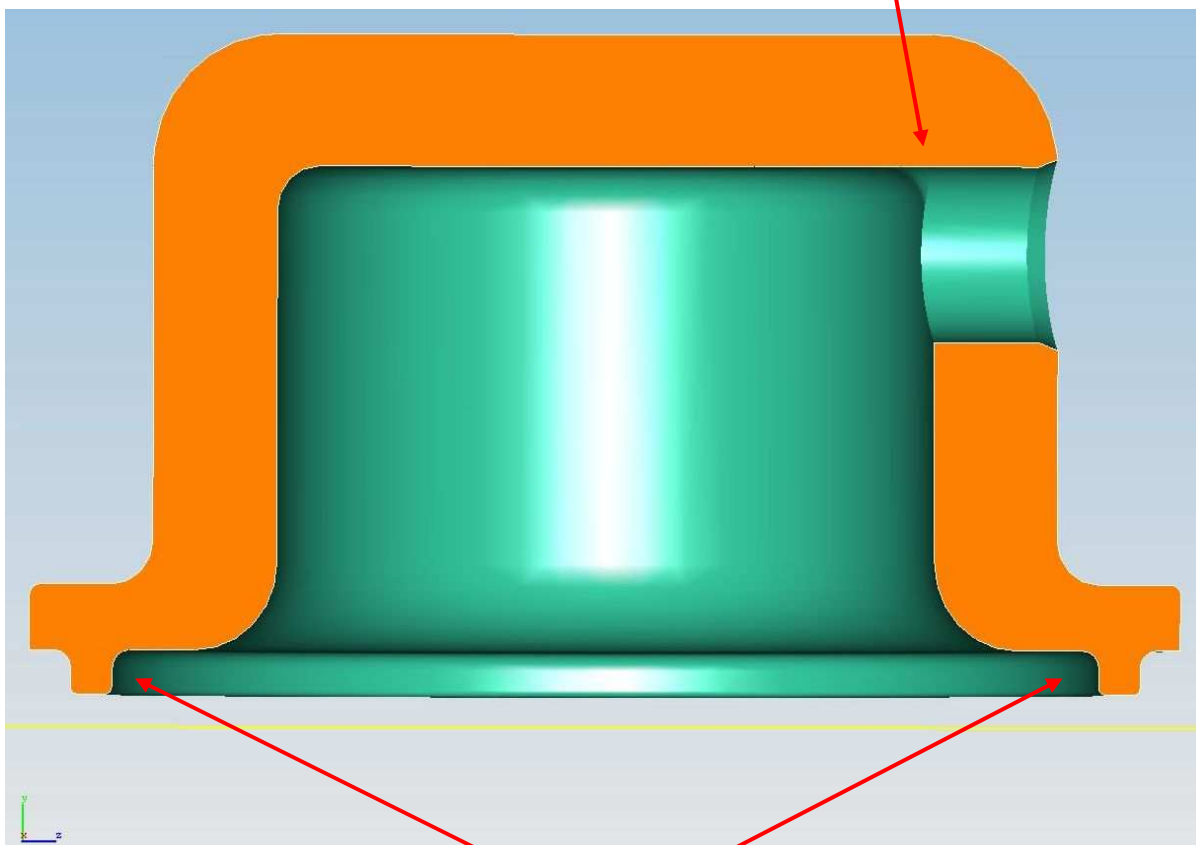
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: 3D modely zkušebního svařovacího tělíska	70
Příloha P II: Výkres zkušebního svařovacího tělíska	71
Příloha P III: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	72
Příloha P IV: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	75
Příloha P V: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	76
Příloha P VI: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	77
Příloha P VII: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	78
Příloha P VIII: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	79
Příloha P IX: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	80
Příloha P X: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	81
Příloha P XI: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	83
Příloha P XII: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	83
Příloha P XIII: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	84
Příloha P XIV: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	85
Příloha P XV: xxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxxx	86
Příloha P XVI: Zadání bakalářské práce	87

PŘÍLOHA P I: 3D MODELY ZKUŠEBNÍHO SVAŘOVACÍHO TĚLÍSKA

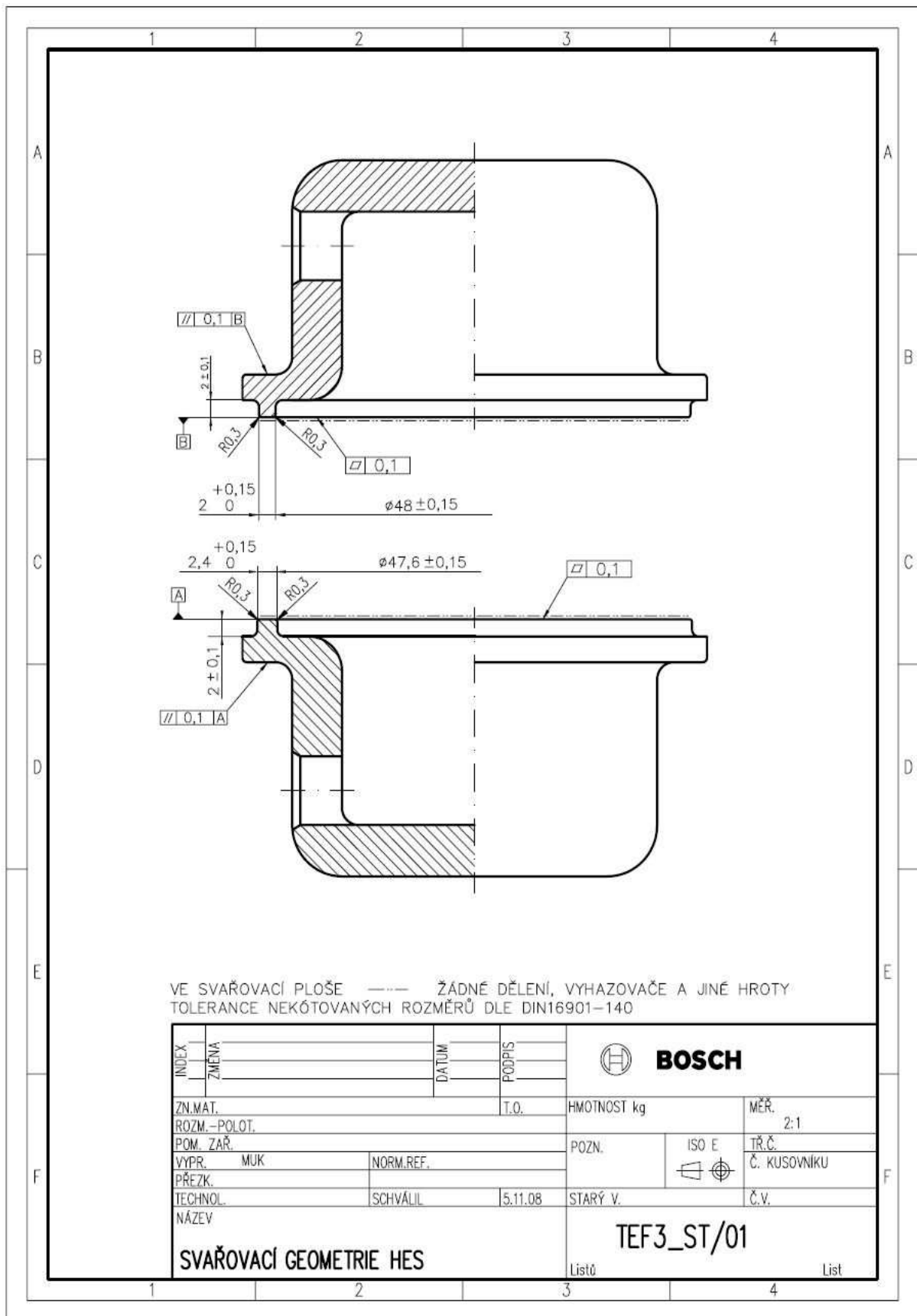


Plnicí popř. odvzdušňovací otvor



Svařovací geometrie

PŘÍLOHA P II: VÝKRES ZKUŠEBNÍHO SVAŘOVACÍHO TĚLÍSKA



PŘÍLOHA P III: XXX

Následující pasáž o rozsahu 3 stránek obsahuje utajované skutečnosti a je obsažena pouze v archivovaném originále bakalářské práce uloženém na Pedagogické fakultě JU.

PŘÍLOHA P IV: XXX

Následující pasáž o rozsahu 1 stránky obsahuje utajované skutečnosti a je obsažena pouze v archivovaném originále bakalářské práce uloženém na Pedagogické fakultě JU.

PŘÍLOHA P VI: XXX

Následující pasáž o rozsahu 1 stránky obsahuje utajované skutečnosti a je obsažena pouze v archivovaném originále bakalářské práce uloženém na Pedagogické fakultě JU.

PŘÍLOHA P VII: XX

Následující pasáž o rozsahu 1 stránky obsahuje utajované skutečnosti a je obsažena pouze v archivovaném originále bakalářské práce uloženém na Pedagogické fakultě JU.

PŘÍLOHA P IX: XXX

Následující pasáž o rozsahu 1 stránky obsahuje utajované skutečnosti a je obsažena pouze v archivovaném originále bakalářské práce uloženém na Pedagogické fakultě JU.

PŘÍLOHA P X: XXX

Následující pasáž o rozsahu 1 stránky obsahuje utajované skutečnosti a je obsažena pouze v archivovaném originále bakalářské práce uloženém na Pedagogické fakultě JU.

PŘÍLOHA P XI: XXX

Následující pasáž o rozsahu 1 stránky obsahuje utajované skutečnosti a je obsažena pouze v archivovaném originále bakalářské práce uloženém na Pedagogické fakultě JU.

PŘÍLOHA P XV: XXX

Následující pasáž o rozsahu 1 stránky obsahuje utajované skutečnosti a je obsažena pouze v archivovaném originále bakalářské práce uloženém na Pedagogické fakultě JU.

PŘÍLOHA P XVI: ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Pedagogická fakulta
Katedra fyziky
Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Stanislav BRŮHA**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Měřicí a výpočetní technika**

Název tématu: **Optimalizace svařovacích parametrů pro technologii
svařování horkým elementem u vybraných termoplastů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

V úvodu uveďte zdůvodnění zvoleného téma a cíle práce. Vyhledejte vhodné zdroje informací k danému tématu. V další části se zaměřte na souhrn základních teorií k uvedenému okruhu ze všech dostupných zdrojů.

Zaměřte se zejména na tyto oblasti:

1. Seznamte se detailně s aktuální odbornou literaturou z oblasti metrologie. Sami vyhledejte vhodnou literaturu k danému tématu.
2. V literatuře se zaměřte především na základní metrologické pojmy, názvosloví, jednotky, měřicí metody, chyby při měření atd.
3. V úvodu proveďte souhrn zásad správného měření, přehledně utřídte obecné poznatky týkající se měření z doporučené literatury a vysvětlete základní pojmy.
4. Zaměřte se na problematiku vybraných technologií svařování a hodnocení jejich kvality.
5. Vymezte základní pojmy týkající se problematiky svařování plastů horkým elementem, zkoušením a testováním svarů. Zaměřte se zejména na pojmy: svařování metodou horkého elementu, POM, PP, PA, PPA, PPS, plnění, či neplnění skleněnými vlákny atp.
6. Proveďte teoretický popis dané technologie tzn. procesu, stroje, mechanismu spojení a výčet působících vlivů
7. Teoretické poznatky z informačních zdrojů porovnejte s metodami a technikami používanými v RBCB.
8. Zaměřte se zejména na zkušenosti ing. Málka, který bude Vaším konzultantem.
9. Zaměřte se především na dostupná technická zařízení a to zejména na přístroje v podniku RBCB užívané k vyhodnocování technických parametrů výrobků.
10. Pozornost soustřeďte především na dostupná měřidla užívaná v RBCB a užívanou metodiku měření.
11. Uvedenou techniku svařování, svářecí stroje a měřicí přístroje popište z hlediska funkce, principu práce i použití, vysvětlete a zdůvodněte metodiku užívaných pracovních postupů a způsob vyhodnocování naměřených dat
12. Popište jak se uvedená měření podílí na podnikovém systému řízení kvality, jeho zdokonalování a popište tento systém řízení kvality v podniku RBCB
13. Pokuste se aktivně zapojit do práce na tomto systému, zejména prací na vyhodnocování dat, návrh a zavádění měřících metod a implementace sběru dat pro statistiku.

Odborně výzkumné cíle zaměřené na praktické využití v provozních podmínkách výroby v RBCB:

14. Pokuste se aktivně zapojit do práce na zdokonalování systému svařování plastů.
 15. Nalezení optimálních svařovacích parametrů pro daný produkt za důsledného dodržování systematiky DoE (Design of Experiment). Výsledky ve formě použitelné pro další zpracování v rámci RBCB.
 16. Pro materiály ze skupiny termoplastů POM, PP, PA, PPA, PPS a to vždy pro skleněnými vlákny plněnou a neplněnou variantu provést sérii experimentů vedoucí k nalezení optimálních podmínek spojování s ohledem na krátkodobé i dlouhodobé chování svarového spoje. Hodnotícími kritérii budou těsnost, pevnost, popř. struktura a vzhled svarového spoje, tepelné či mechanické ovlivnění dílu svařovacím procesem
 17. Závěrem shrňte získané poznatky a Váš vlastní podíl na metodice svařování a systému řízení kvality svařovaných spojů
- V závěru práce se pokuste postihnout problematiku výuky tohoto tématického celku se zřetelem na specifiku přípravy oboru "Měřicí a výpočetní technika"

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy: **cca 40 stran**

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

Dokumentace ke svářecím strojům a přístrojům pro zkoušení svařovaných spojů. Sám se pokuste vyhledat vhodnou literaturu k danému tématu.

Vedoucí bakalářské práce:

PaedDr. Bedřich Veselý, Ph.D.
Katedra fyziky

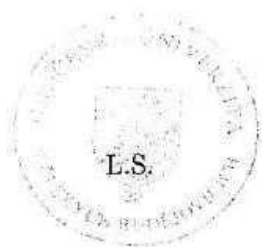
Datum zadání bakalářské práce: **10. listopadu 2008**

Termín odevzdání bakalářské práce: **30. dubna 2009**



doc. PhDr. Alena Hošpesová, Ph.D.

děkanka



prof. RNDr. Petr Špatenka, CSc.

vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 10. listopadu 2008