

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE DESIGN

SVAŘOVANÉ KONSTRUKCE V TECHNICKÉ DOKUMENTACI

WELDED CONSTRUCTIONS IN TECHNICAL DOCUMENTACION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

DANIEL BARTOŠEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. PAVEL SVOBODA, CSc.

BRNO 2009

ABSTRAKT

Předložená bakalářská práce je zaměřena na výkresovou dokumentaci svařovaných konstrukcí. Dává přehled o typech výkresů, základních pravidlech použití a o jejich formálních náležitostech. Je určena pro výuku tvorby výkresové dokumentace svarku a k tomuto účelu byla vytvořena i sada zadání úloh v příloze.

Klíčová slova: výkresová dokumentace, svařování, svařované konstrukce, svary, počítačové modelování svarků

ABSTRACT

The presented bachelor's thesis deals with design documentation of welded constructions. It provides an overview of weldment design types, basic usage principles and formal prerequisites. The thesis should serve for education of weldment design documentation, for which purpose the set of tasks included in the annex was also created.

Key words: design documentation, welding, welded construction, welds, computer modeling weldments

Bibliografická citace: BARTOŠEK, D. Svařované konstrukce v technické dokumentaci. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2009. Vedoucí bakalářské práce Ing. Pavel Svoboda, CSc.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně za použití uvedené literatury pod vedením pana Ing. Pavla Svobody, CSc.

V Brně 19. května 2009

.....
Daniel Bartošek

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji vedoucímu bakalářské práce Ing. Pavlu Svobodovi, CSc. za jeho odborné vedení, cenné rady a připomínky.

Děkuji také mé ženě i rodičům za vytvoření studijních podmínek.

OBSAH

ÚVOD	12
1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ	13
1.1 Výkresová dokumentace svarků	13
1.2 Modelování svarků	13
2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A JEHO TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA	16
2.1 Stav norem svařování	16
2.2 Vývojová analýza	16
3 VYMEZENÍ CÍLU PRÁCE	17
4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ	18
4.1 Druhy technologie výroby a jejich výkresové zpracování	18
4.2 Výhody a nevýhody svarků	18
4.3 Základní kritéria při volbě technologie výroby	19
5 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY	20
5.1 Druhy výkresů svarku	20
5.2 Optimální varianta	21
5.3 Obsahová náplň výkresu svarku pro svařování a obrábění	24
5.3.1 Předepisování svarů na výkresech	24
5.3.2 Tvary a rozměry svarových ploch	26
5.3.3 Všeobecné tolerance pro svařované konstrukce	27
5.3.4 Přídavky na obrábění	27
5.3.5 Svařitelnost a materiály	28
5.3.6 Tepelné a mechanické zpracování svařovaných konstrukcí	31
5.3.7 Zajištění jakosti svaru	31
5.3.8 Polohy svařování	31
5.3.9 Pevnostní výpočet	32
6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ	33
7 ZÁVĚR- KONSTRUKČNÍ, TECHNOLOGICKÝ A EKONOMICKÝ ROZBOR ŘEŠENÍ	34
8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	35
9 SEZNAM OBRÁZKŮ	37
10 SEZNAM TABULEK	38
11 SEZNAM PŘÍLOH	39

ÚVOD

Svařování je jeden ze základních způsobů spojování dílů v nerozebíratelný celek, nazývaný svarek nebo také někdy svařenec, skoro už jedno celé stoleté. Dílce svarku se vyrábějí nejčastěji z tvářených polotovarů různým dělením a obráběním. Při svařování je nezbytné zajistit jejich vzájemnou polohu buď účelným tvarováním nebo různými pomůckami. Funkční plochy svarku se opracovávají až po svaření. Svařování lze úspěšně využít jak ve velkosériové (automatizované) výrobě, tak i při kusové tvorbě či různých renovacích (ruční svařování). Svařovat lze železné i neželezné kovy nebo také nekovové materiály- plasty [1,22].

Základní princip svařování je přivedením tepla nebo vyvozením tlaku. Existuje mnoho různých svařovacích metod, např. plamenné, plazmové, laserové, elektronové, odporové, tlakem za studena, třením, kovářské, výbuchem, difúzní, ultrazvukem, elektrostruskové, termitem, indukční, atd., ovšem nejčastější technika je svařování elektrickým obloukem (ruční obloukové, v ochranné atmosféře plynu a pod tavidlem. Zdrojem tepla je elektrický oblouk vytvořený nejčastěji mezi svařovaným dílcem a elektrodou [1]. Elektroda bývá tavná (holý nebo obalený kovový drát) nebo netavná (uhlíková či wolframová elektroda; metoda TIG, někdy označovaná jako WIG). Proces bývá často v ochranné atmosféře inertního plynu (např. Ar, He; metoda MIG) či aktivního plynu (např. CO₂, metoda MAG). Lze svařovat v různých polohách, i nad hlavou. Svařovat můžeme ručně nebo pomocí tzv. svařovacích traktorů, čili pod tavidlem- oblouk hoří pod nasýpanou vrstvou tavidla. Sypké tavidlo plní stejnou funkci jako obal u elektrody, tj. chrání roztavený kov před vlivem vzdušného kyslíku, zaručuje vysokou kvalitu svarů, zvyšuje ekologičnost, produktivitu a bezpečnost práce [3].

Technická dokumentace, tj. konstrukční a technologická je nedílnou součástí celého procesu tvorby strojní součásti. Každá výrobní technologie vyžaduje specifický způsob jejího zpracování, který se řídí normami, návody či zvyklostmi. Pro svarky se kreslí různé druhy výkresů a jejich volba závisí na mnoha hlediscích. Pro různé možnosti tvorby dokumentace svařované konstrukce, je vhodné dát studentům interní návod ke zvládnutí formálně správné dokumentace svarku na úrovni prvního ročníku vysoké školy.

Zpracování bakalářské práce vychází z národních norem (ČSN), evropských norem (EN) a celosvětových norem (ISO), které se zabývají problematikou dokumentace svařovaných konstrukcí, dále pak z výrobních podkladů a v neposlední řadě ze zkušeností z výuky předmětu Konstruování na FSI VUT v Brně. Informace uváděné v zahraničních normách (DIN, AWS- American Welding Society) je nutné brát za informativní.

1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

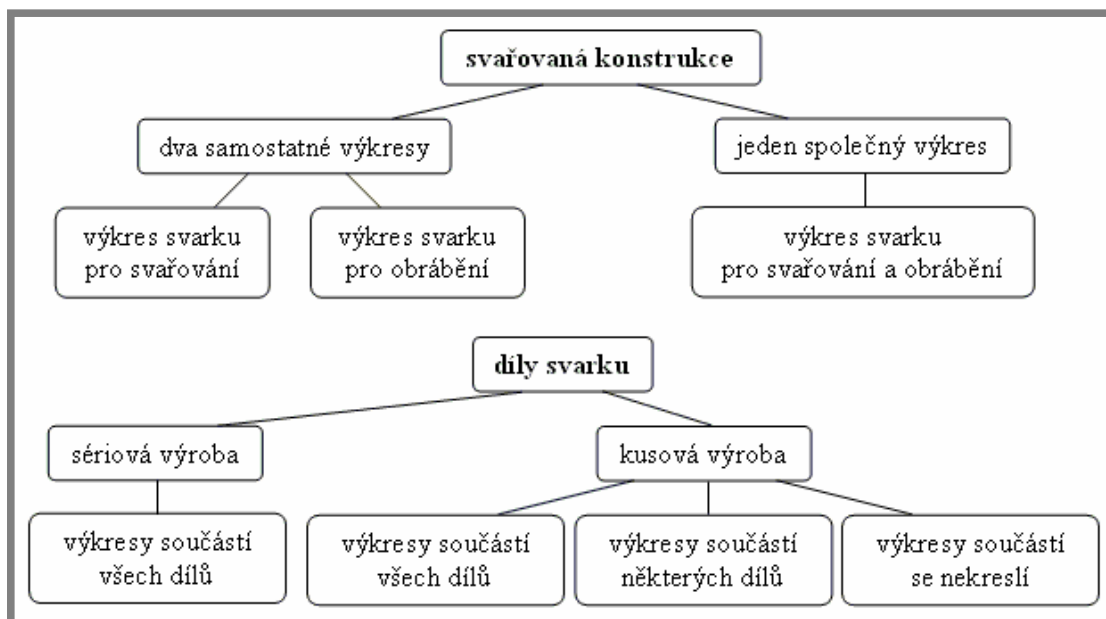
Technickou dokumentaci svařované konstrukce lze tvořit konzervativně 2D nebo progresivně 3D. Oba způsoby mají v praxi svoje místo.

1

1.1 Výkresová dokumentace svarků

Možné způsoby zpracování výkresové dokumentace svarku jsou v obr. 1-1.

1.1



Obr. 1-1 Přehled způsobů zpracování výkresové dokumentace svarku [4]

Výkresová dokumentace je doplněna podle potřeby buď jen nadstavbou popisového pole nebo samostatným seznamem položek.

Náležitosti jednotlivých výkresů jsou v kapitole 5.1

Studenti prvního ročníku předmětu Konstruování na FSI VUT v Brně budou tvořit **výkres svarku pro svařování a obrábění** (obr. 5-2), **výkresy součástí** (obr. 5-3) a samostatný **seznam položek** (obr. 5-4), popřípadě jen nadstavbu popisového pole.

1.2 Modelování svarků [5]

Programy pro počítačové modelování umožňují vytvořit, editovat a různě prohlížet trojrozměrnou součást. Mohou však mít i různé nadstavbové funkce, jako např. výpočet zatížení, vizualizace a pohyblivá prezentace.

Autodesk Inventor poskytuje pro modelování svařovaných konstrukcí samostatný modul, který prakticky kopíruje symbolicky postup výroby svařovaných součástí.

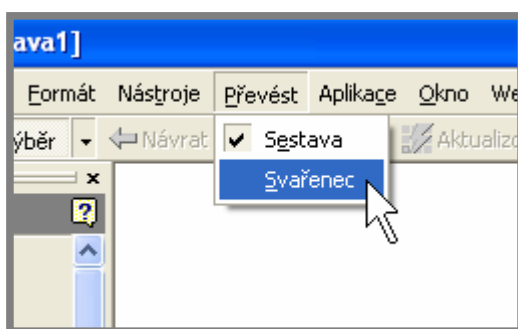
1.2

Etapy modelování svarku:

1. vymodelování dílů a jejich spojení
2. vytvoření technologických úkosů
3. svařování
4. obrábění

1. vymodelování dílů a jejich spojení- přiřazení vazeb (obr. 1-5a)

Na začátku se zvolí jako šablona soubor *svarenec.iam* a klasickou cestou se modelujeme. Lze přirozeně také nenávratně na svarek zkonvertovat již existující sestavu (v roletovém menu Převést – Svařenec, obr. 1-2).

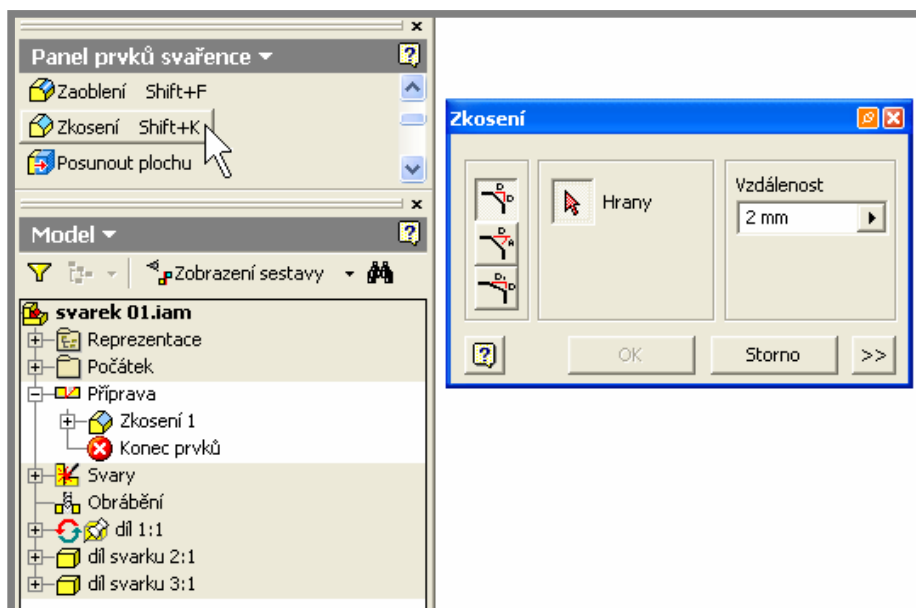


Obr. 1-2 Volba svařenec [24]

2. vytvoření technologických úkosů

Svarek lze vymodelovat i s technologickými úkosy hran dílů, např. pro V svar.

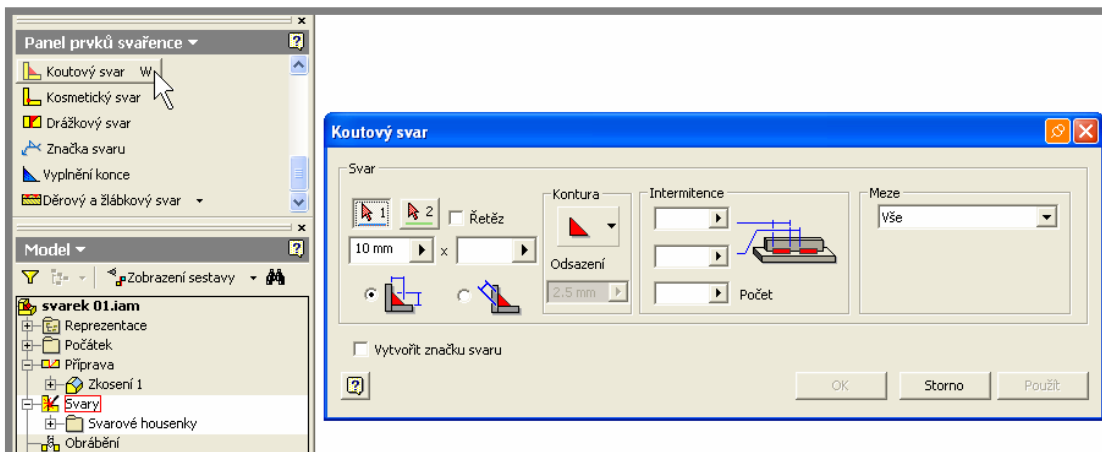
Autodesk Inventor řeší přípravu svarových ploch optimalizovanou skupinou nástrojů, které jsou známy z modelování součásti (okno Model - Příprava - Panel prvků svařence- Zkosení, obr. 1-3). Lze vytvořit úkosy, zaoblení, zahloubení a otvory nebo jiné technologické prvky.



Obr. 1-3 Volba zkosení [24]

3. svařování (obr. 1-5b)

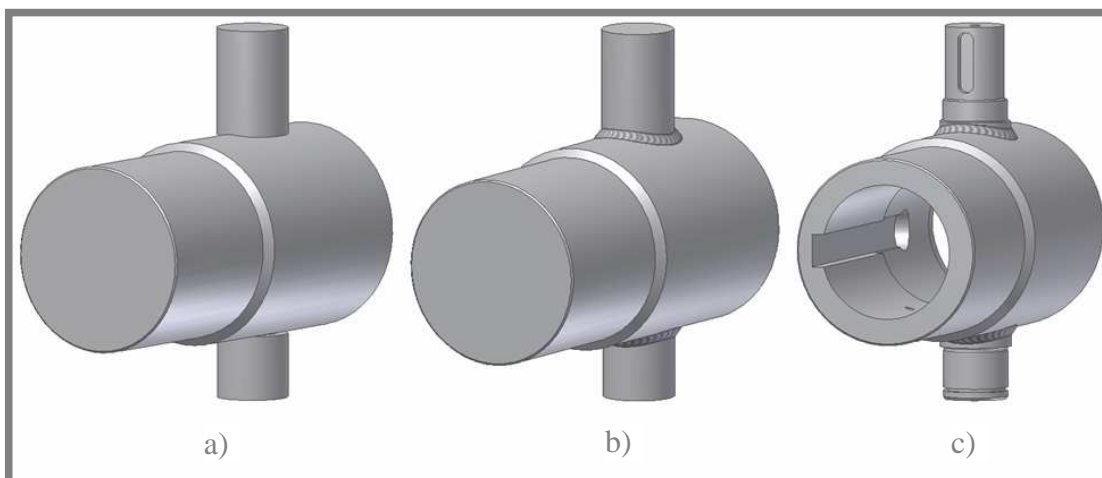
Pro tuto tvorbu je Autodesk Inventor vybaven jediným nástrojem obsahujícím vše potřebné pro vytvoření požadovaného svaru (okno Model - Svary - Panel prvků svařenců, obr. 1-4). Zde se nachází i Značky svaru, popřípadě Výpočet svaru.



Obr. 1-4 Volba svarů [24]

4. obrábění (obr. 1-5c)

Tato operace je opět odvozena z funkcí pro jejich modelování [5].



Obr. 1-5 Postupné modelování svarku [24]

a) základní díly; b) svařování; c) po obrábění

Pro první ročník bakalářského studia je stále nejdůležitější funkcí 3D programů vizualizace a podpora představitelnosti. Proto byl program Autodesk Inventor využit na tvorbu všech modelů svařovaných konstrukcí v zadání úloh (Příloha Úloha 1 až 12).

2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A JEHO TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA

2.1 Stav norem svařování

Problematice svařování se zaměřením na využití při tvorbě technické dokumentace svarků se zabývají české normy třída norem 05 (ČSN), evropské normy (EN) i celosvětové normy (ISO). Normy se věnují základním názvoslovím (ČSN 05 0000 [6]), přípravou svařovaných ploch (ČSN EN ISO 9692 [7]), přehledem a definicemi svařovacích metod a jejich číslování (ČSN EN ISO 4063 [8]), svařovacími polohami a jejich úhly (ČSN EN ISO 6947 [9]), přídavnými materiály (ČSN EN 13479 [10]), tolerováním svarků (ČSN EN ISO 13920 [11]), požadavky na jakost svarů (ČSN EN ISO 5817 [12]), svařitelností materiálů (ČSN EN ISO 18278 [13]), pevnostním výpočtem svarů (ČSN 05 0120 [14]) atd. Evropská norma ČSN EN 22553 [15] platná od roku 1998 se zabývá označením svarových spojů na výkresech, ale **žádná norma neupravuje kreslení svařovaných konstrukcí**, tzn. nutností použití daného typu výkresu svarku, zobrazení a popisování svařované konstrukce, pravidla pro kreslení dílů či seznamu položek apod. Při tvorbě technické dokumentace svařovaných konstrukcí se obvykle postupuje podle firemních zvyklostí, např. ŽN S 021 [16].

2.2 Vývojová analýza

Svarky se obvykle dokumentují na 2D výkresech pomocí AutoCADu [23], které se popř. vyplotují. Svařované konstrukce se však stále častěji modelují 3D ve vývojářských softwarech, např. Autodesk Inventor [24], SolidWorks, Pro/Engineer, CATIA, I-DEAS atd.

Určitým přechodem je fáze, kdy při tvorbě výkresu pomáhá vymodelovaný svarek v počítači jen jako vizualizace budoucí strojní součásti. Tohoto principu budou využívat studenti v předmětu Konstruování na FSI VUT v Brně. Za úkol mají vytvořit výkresovou dokumentaci svařované konstrukce. Vymodelovaný 3D model v zadání mohou studenti v prvním ročníku v předmětu Konstruování využít pro lepší názornost a představitelnost.

Využitím Autodesk Inventor bude možno svařované konstrukce efektivně navrhovat a kontrolovat, optimalizovat jejich rozměry a tvary, modifikovat povrchy, počítat zatížení svarů, prezentovat výsledky práce v animacích, exportovat data do různých aplikací, např. 3D tisknutí Rapid prototyping, atd.

3 VYMEZENÍ CÍLU PRÁCE

Tato bakalářská práce je určena zejména studentům prvního ročníku předmětu Konstruování na FSI VUT v Brně ke zvládnutí problematiky náležitostí výkresové dokumentace svařovaných konstrukcí.

V prvním ročníku studia na FSI není možné probírat všechny technologické a konstrukční důvody tvorby svařovaných konstrukcí. Je třeba dát studentům takové podklady, aby si na zadaných úlohách osvojili formálně správné kreslení a kótování svařovaných konstrukcí a jejich částí, předepisování svarů, tvarů a rozměrů svařových ploch, všeobecných tolerancí, přídavek na obrábění, zajištění jakosti svarků, předepisování materiálu a tepelného zpracování svařované konstrukce.

Cílem práce bylo vytvořit sadu zadání pro tvorbu výkresové dokumentace svarku. Každé zadání obsahuje výkres, model a tabulku s hodnotami (příloha Úloha 1 až 12). Studenti budou mít za úkol vytvořit výkres svarku pro svařování a obrábění, výkresy součástí dílů a seznam položek (viz kap. 5). Dalším cílem této bakalářské práce bylo podat přehled současného stavu poznání v oblasti tvorby technické dokumentace svarku a modelování svarku; doplněné vymezením trendu budoucího vývoje.

4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ

4.1 Druhy technologie výroby a jejich výkresové zpracování

Strojní součást lze zhotovit z jednoho kusu, např. litím, frézováním, soustružením, kování, lisováním atd. nebo z více dílů, např. svařováním, pájením, lepením, nýtováním, šroubováním atd. Jako nejčastější polotovary se používají odlitky, výkovky a svarky.

Odlitky se vyrábí ze slévateľných kovů, kdy tekutý kov vyplní celou dutinu formy. Dnešní technologie přesného lití umožňují velmi přesné povrchy i bez potřeby následného obrábění. Nejčastěji se však používá lití šedé litiny do pískových forem. Výkresovou dokumentaci odlité součásti obvykle tvoří výkres součásti jejímž polotovarem je odlitek, výkres odlitku a výkres slévářského postupu [1].

Výkovky se vyrábí objemovým přetvářením ohřátého materiálu zápustkovým nebo volným kování. Výkresovou dokumentaci vykované součásti obvykle tvoří výkres součásti jejímž polotovarem je výkovek, výkres výkovku a výkresová dokumentace zápustek, popřípadě jiných kovacích nástrojů a pomůcek [1].

Svarky se vyrábí vytvářením meziatomárních vazeb mezi jednotlivými díly pomocí tepla, tlaku popřípadě kombinací obou. Výkresovou dokumentaci svařované konstrukce tvoří výkres svarku pro svařování a výkres svarku pro obrábění nebo výkres svarku pro svařování a obrábění, popřípadě výkresy součástí a seznam položek [3].

4.2 Výhody a nevýhody svarků [17]

Výhody svařovaných konstrukcí:

- zjednodušení tvaru konstrukcí, snížení jejich hmotnosti;
- možnost uplatnění optimální kombinace materiálů v konstrukci;
- zlepšení povrchových vlastností konstrukcí, např. navaření korozivzdorných vrstev;
- jednoduchá možnost oprav konstrukcí;
- relativně snadná mechanizace a automatizace procesu svařování;
- velká operativnost při zavádění technologie svařování a při přípravě svařovacího pracoviště.

Nevýhody svařovaných konstrukcí:

- místně i časově nerovnoměrný ohřev základního materiálu i svarové housenky;
- vnitřní pnutí či deformace v tepelně ovlivněné oblasti v okolí svaru;
- změna mechanických, fyzikálních a chemických vlastností v okolí svaru;
- při výpočtu namáhání svaru je přípustné zatížení menší nebo rovno než použitého základního materiálu (svar může obsahovat trhliny, tzn. snížení bezpečnosti).

4.3 Základní kritéria při volbě technologie výroby

Při volbě vhodného způsobu výroby součásti, musí konstruktér vzít v úvahu zatížení a provozní podmínky, požadovanou bezpečnost, funkci, velikost a složitost součásti, pevnostní a technologické vlastnosti použitého materiálu, počet vyráběných kusů, stupeň automatizace výroby, výrobní náklady a zařízení dílny, vzhled a případné další požadavky spotřebitele [17].

Je-li součást namáhaná dynamicky, a nemá hluboké otvory, je vhodné používat kování, je-li součást jednodušších tvarů, lze ji obrábět z hutních polotovarů. Je-li součást namáhaná staticky, popř. tlakem a je složitých či robustních tvarů, s mnoha dutinami a otvory, a pro materiály těžko obrobitelné, volí se odlévání. Je-li součást z více druhů materiálů a má-li mnoho výztuh je vhodné použít svařování. Svarky mají oproti výkovkům větší volnost při návrhu tvaru a oproti odlitkům mají větší úsporu materiálu [2]. Podobná technologie ke svařování je pájení a lepení, kdy v případě pájení nedochází k úplnému natavení základního materiálu a v případě lepení jde jen o použití přídavného materiálu, bez zdroje tepla. Výhoda pájení je možnost spojení i velmi rozdílných materiálů a výhoda lepení je žádná tepelně ovlivněná oblast. Při zhotovování strojní součásti je někdy výhodné jednotlivé výrobní technologie kombinovat [18]. Jednoznačné a kompletní pravidla pro volbu technologie výroby neexistují [3].

Student v prvním ročníku bakalářského studia v předmětu Konstruování nebude rozhodovat o technologii výroby, je mu to zadáno. Musí být ale seznámen s fakty, které tuto volbu ovlivňují. Student pak řeší příslušnou výkresovou dokumentaci (kap. 5.2).

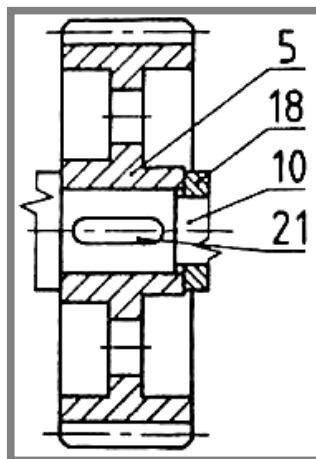
5 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY

Pro malosériovou či kusovou výrobu se obvykle použije výkres svarku pro svařování a obrábění. Ve velkosériové výrobě a pro složitější svarky se obvykle požaduje vypracovat zvlášť výkres pro svařování a zvlášť výkres pro obrábění. Pro všechny dílce svarku se obvykle kreslí samostatné výkresy součástí jen u velkosériové výroby. V malosériové výrobě a zejména v kusové výrobě často postačuje vyčíst rozměry dílů přímo z výkresu svarku nebo ze seznamu položek. Složitější díl svarku se vždy kreslí jako samostatný výkres součásti.

5.1 Druhy výkresů svarku [1,18]

Svarek na **výkresu montážní jednotky** (obr. 5-1):

- zobrazuje se jako z jednoho kusu, tj. bez stykových ploch jednotlivých dílů, šrafování v řezech se provádí jedním směrem;
- svarek má jedno číslo položky (5).



Obr. 5-1 Svarek ozubeného kola v montážní jednotce [1]

Výkres svarku pro svařování obsahuje veškeré informace potřebné pro svařování:

- kóty určující polohu dílců pro svaření, celkové rozměry svarku;
- označení svarů, přídatných materiálů pro svařování (elektrody, svařovací dráty apod.);
- v technických požadavcích nad popisovým polem se obvykle uvede délka svarů všech druhů a velikostí, tepelné zpracování, čištění svarku, nátěr, požadavek na všeobecné tolerování podle ISO 13920;
- každý dílec se označí číslem položky.

Výkres svarku pro obrábění obsahuje všechny informace potřebné pro obrábění po svařování:

- svary se nekreslí ani nekótují;
- celkové rozměry svarku;
- kóty všech obráběných rozměrů, včetně přesnosti rozměrů, drsnosti povrchu, geometrických tolerancí a úpravy hran neurčitých tvarů po svaření.

Výkres svarku pro svařování a obrábění (obr. 5-2) obsahuje údaje pro svařování i pro následné obrábění:

- obsahuje vše co výkres svarku pro svařování a výkres svarku pro obrábění se zřetelem na přehlednost;
- v řezu se šrafuje dílce různým směrem;
- stykové plochy dílců se kreslí plnou tlustou čarou bez úpravy svarových ploch.

Samostatný výkres svarku pro svařování a samostatný výkres svarku pro obrábění nejsou v obsahové náplni předmětu Konstruování

Výkresy součástí (obr. 5-3) obsahují:

- rozměry a tvary technologických úprav svarových ploch;
- plochy, které se budou obrábět až po svařování se zakótují i s přísavkami na obrábění;
- na plochy určené k sestavení dílců před svařováním se předepisuje tolerance v desetínách mm nebo H11/h11 a drsnost $Ra=12,5\mu\text{m}$.

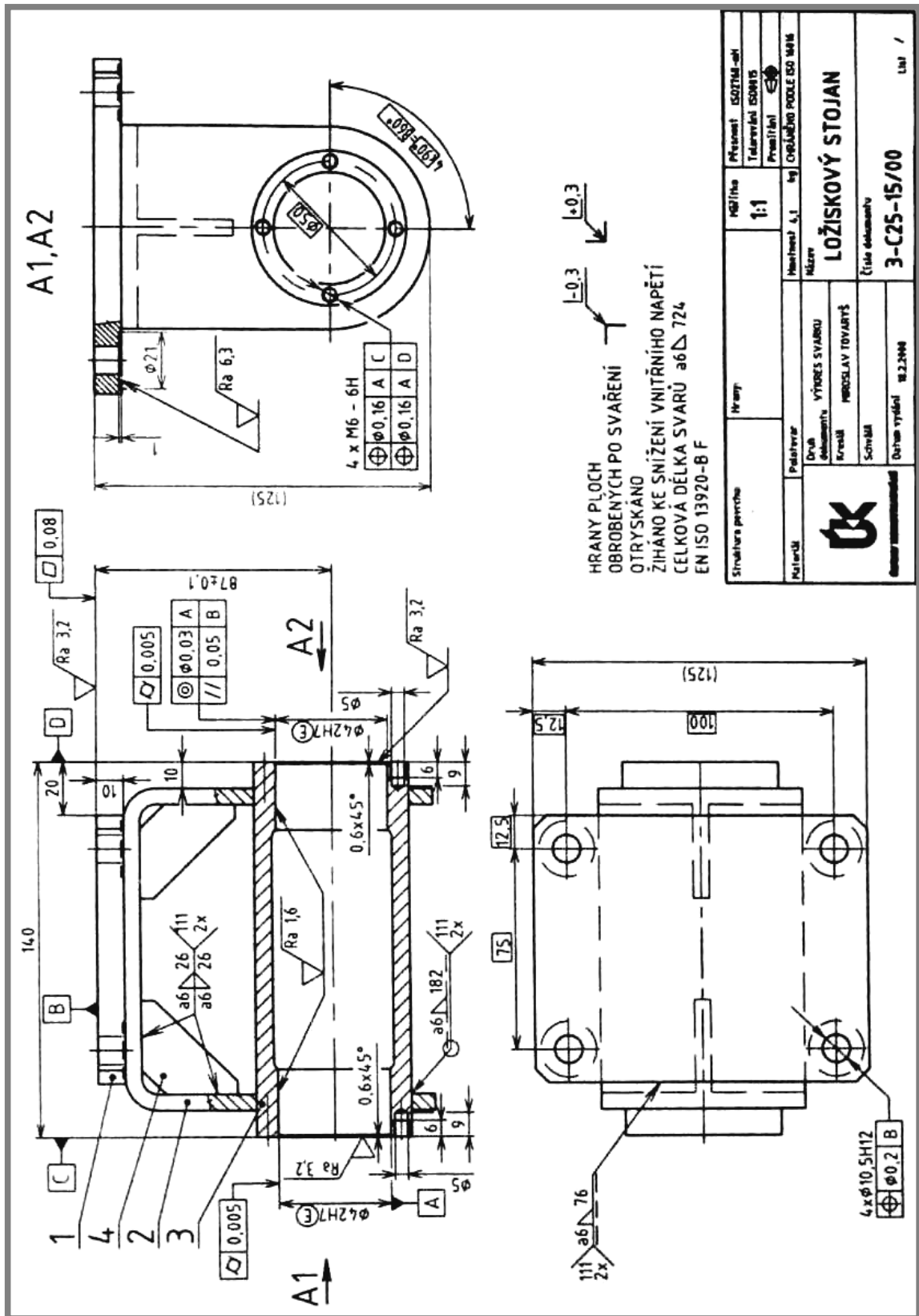
Výkres svarku bývá doplněn podle potřeby **seznamem položek** (obr. 5-4) nebo jen **nadstavbou popisového pole**.

5.2 Optimální varianta

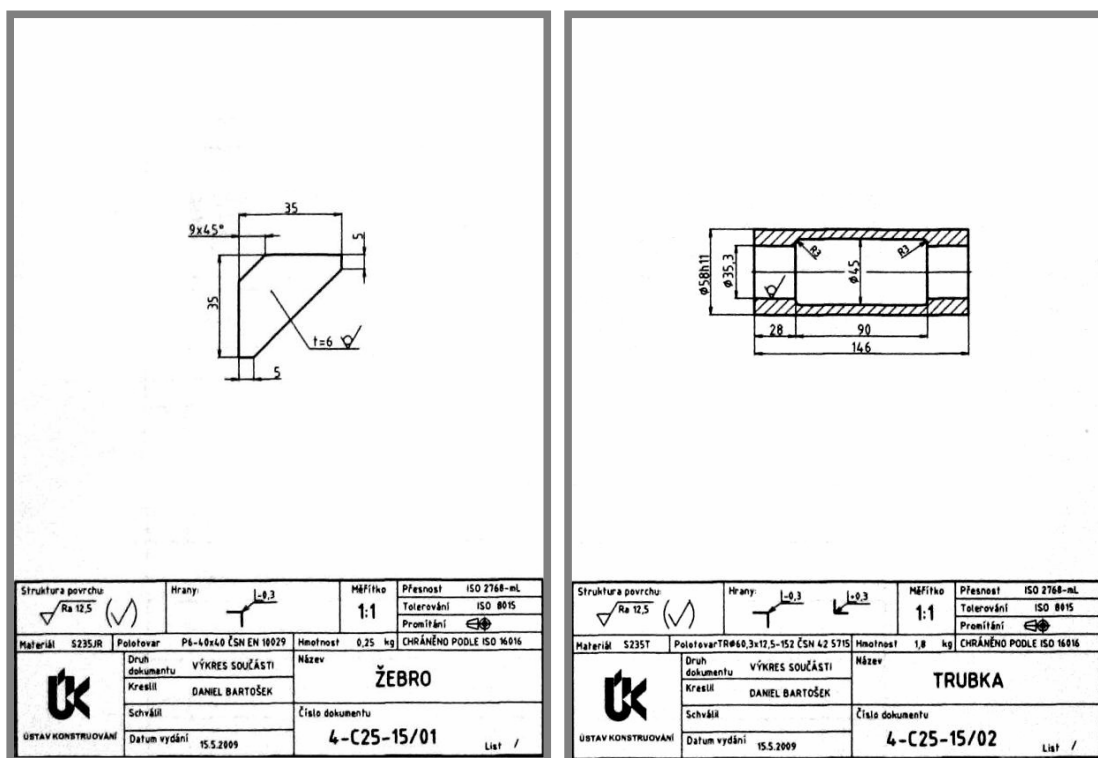
5.2

Výběr optimální varianty rozsahu a provedení technické výkresové dokumentace závisí především na počtu vyráběných kusů, složitosti svarku a jeho dílů a organizací či zvyklostmi výroby ve firmě [17].

Ve cvičení v předmětu Konstruování na FSI VUT v Brně nebude student volit rozsah výkresové dokumentace svarku, bude jej mít zadaný. Měl by však být seznámen s různými typy výkresů a co mohou obsahovat. Studenti budou mít za úkol vytvořit **výkres svarku pro svařování a obrábění** (obr. 5-2), samostatné **výkresy součástí** všech dílů svarku (obr. 5-3) a vše doplní **seznamem položek** (obr. 5-4), případně jen nadstavbou popisového pole.



Obr. 5-2 Výkres svarku pro svařování a obrábění [1]



Obr. 5-3 Výkres součásti [18]
a) žebro; b) trubka

Číslo polož.	Název - označení	Polotovary	Hmot.	J	Množ.
1.	ŽEBRO	P6-40x40 ČSN EN 10029	0,25	kg	2
	4-C25-15/01	S235JR			
2.	TRUBKA	TRØ60,3x12,5-152 ČSN 42 5715	1,8	kg	1
	4-C25-15/02	S235T			
3.	ZÁKLADNA	P12-105x130 ČSN EN 10029	1,3	kg	1
	4-C25-15/03	S235JR			
4.	ZÁVĚS	P6-80x325 ČSN EN 10029	1,2	kg	1
	4-C25-15/04	S235JR			
-	ELEKTRODA E 38 3 B 42	ČSN EN ISO 2560 E-B 121			

ÚK ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ	Druh dokumentu SEZNAM POLOŽEK	Název LOŽISKOVÝ STOJAN	
	Kreslil DANIEL BARTOŠEK	Číslo dokumentu 3-C25-15/05	
	Schválil	Datum vydání 15.5.2009	

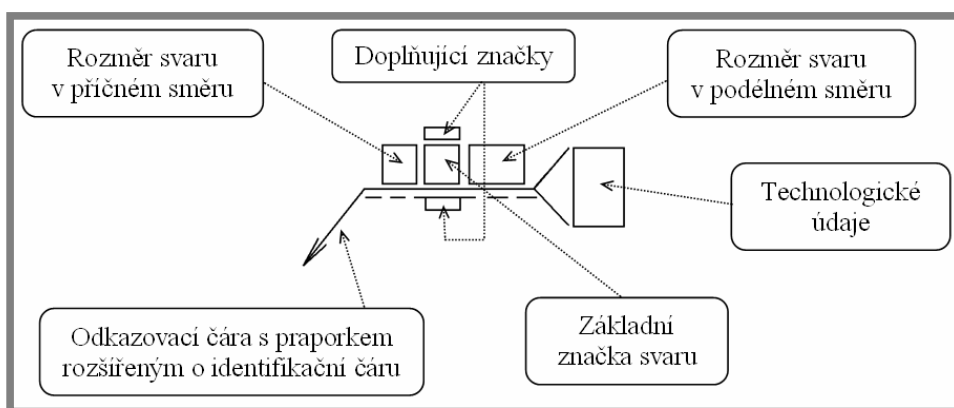
Obr. 5-4 Seznam položek [18]

5.3 Obsahová náplň výkresu svarku pro svařování a obrábění

Následující text je doplněním kapitoly 5.1 Druhy výkresů svarků.

5.3.1 Předepisování svarů na výkresech

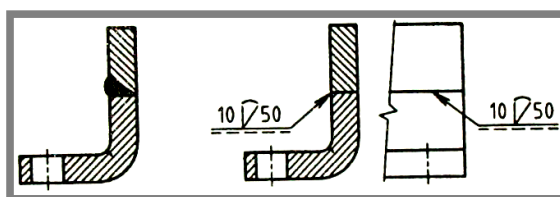
Podle vzájemné polohy svařovaných součástí a podle tvaru průřezu svaru se při svařování používají svary tupé, lemové, koutové a děrové [19]. Svary (svarové housenky) se na technickém výkresu nezakreslují, kontakt dílů se kreslí plnou tlustou čarou a svary se popisují zjednodušeně podle normy ČSN EN 22553 [15]. Značka svaru (obr. 5-5) se umísťuje vodorovně se spodním okrajem, výjimečně kolmo na něj a skládá z odkazovací čáry a praporek, kolem kterého jsou symbolicky podle potřeby zaznačí další informace o svaru. Svar se označuje jen jednou a to v nejnázornějším pohledu [1].



Obr. 5-5 Úplné označení svaru na výkrese svarku [4]

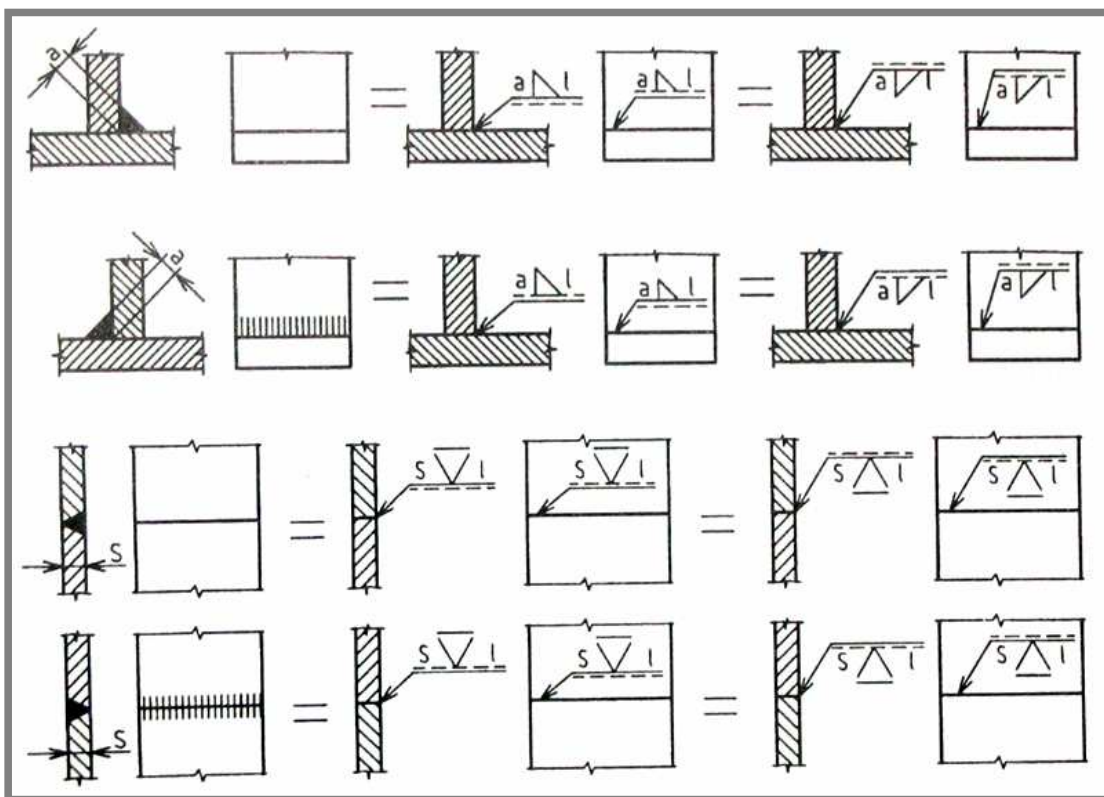
Mezi **rozměry svaru** patří výška rovnostranného trojúhelníku u koutového svaru a (nebo odvěsna $z = a \cdot \sqrt{2}$), délka l , tloušťka s , mezera e , popřípadě počet svarů n . Způsoby psaní rozměrů na značce svaru je přehledně zpracované v literatuře [1]. Pokud není za značkou uveden rozměr délky l , je svar proveden po celé délce svařovaných dílů a pokud není uveden rozměr tloušťky s u tupého svaru, je svar proveden po celé tloušťce dílů [1].

Odkazovací čára s praporkem rozšířeným o identifikační čáru určují přesné umístění svaru. Vzhledem k přehlednosti výkresu se píše označení svaru nad nebo pod praporek a identifikační čárkovaná čára rozhoduje o straně, kde se nachází svar. Je-li identifikační čára na opačné straně než označení svaru, svar leží na straně, kam ukazuje šipka. A opačně, je-li identifikační čára na stejné straně praporek jako informace o svaru, svar leží na opačné straně než ukazuje šipka (obr. 5-7). Pokud se jedná o 1/2 svar, šipka vždy směřuje do obrobené plochy (obr. 5-6).



Obr. 5-6 Poloha odkazové čáry u 1/2 V svaru [1]

Jedná-li se o svar oboustranný, identifikační čára se nekreslí. Pokud za vidlicí na konci praporku nejsou žádné informace, nemusí se vidlice kreslit.



Obr. 5-7 Poloha značky svaru ve vztahu k praporku odkazové čáry [1]

Základní značka svaru určuje druh svaru. Výběr základních značek je v tabulce 5-1.

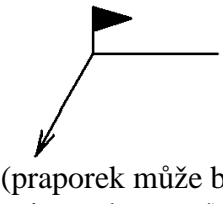


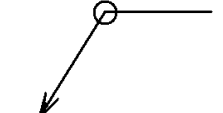

Tab. 5-1 Základní značky svaru (výběr) [15]

Výška značky = výška písma

název svaru	provedení	značka	název svaru	provedení	značka
I			koutový		
V		∇	lemový		
U		∩	děrový (žlábkový)		
Y		○	bodový		

Doplňkové značky se přidávají k základním značkám a popisují povrch svaru či jiný údaj o svaru (tab. 5-2).

Tab. 5-2 Výběr doplňkových značek [15]

tvar povrchu	značka	tvar povrchu	značka
plochý	—	montážní svar (svar zhotovený při montáži)	 (praporek může být i nevybarvený)
převýšený			
vydutý		obvodový svar	
stehový (střídavý)			

Předepisování **technologických údajů** za vidlici praporku (obr. 5-2) se obvykle provádí v tomto pořadí a jednotlivé údaje se oddělují lomítkem [1]:

- **metoda svařování:** podle ČSN EN ISO 4063, např. 111 pro ruční obloukové svařování obalenou elektrodou, 131 pro metodu MIG, 135 pro metodu MAG a 141 pro TIG (WIG) metodu;
- **požadovaný stupeň jakosti:** podle ČSN EN ISO 5817, např. stupeň C pro střední stupeň (kapitola 5.3.7);
- **poloha svařování:** podle ČSN EN ISO 6947, např. PA pro vodorovnou polohu shora (kapitola 5.3.8);
- **přídavné materiály:** podle ČSN EN ISO 2560, např. E 38 3 B 42 pro elektrodu pro ruční svařování s bazickým obalem určenou pro svařování nelegovaných ocelí, pro namáhané spoje (kapitola 5.3.5).

Pro vícekrát opakující se informace lze použít uzavřenou vidlici. Do obdélníku za vidlici se napíše např. A1 a význam se vypíše nad popisové pole [1].

5.3.2 Tvary a rozměry svarových ploch

Obecně platí, že strojním svařováním lze svařovat tlustší materiály než ručním svařováním. Doporučení pro rozměry a tvary svarových ploch tupých a koutových svarů vhodné pro svařování všech druhů ocelí ručním svařováním obalenou elektrodou a některými dalšími metodami svařování jsou uvedeny v ČSN EN ISO 9692-1 [7], výběr je v tab. 5-3, informace pro další druhy svarů lze najít v literatuře [2].

Tab. 5-3 Tvary a rozměry svarových ploch (výběr), rozměry v mm [7].

Rozměry v mm

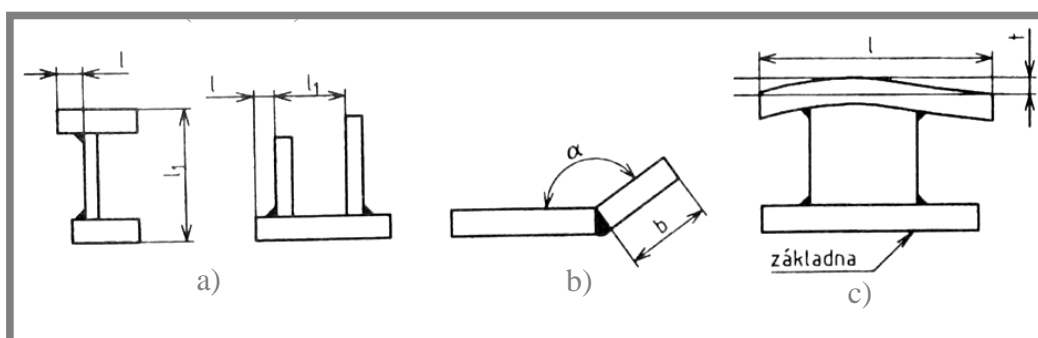
Tloušťka materiálu t	Název svaru	Značka svaru	Zobrazení svaru	Řez	Úhel α, β	Rozměry		Výška úkosu h	Doporučená metoda svařování
						Mezera b	Otupení c		
$t \leq 4$	I - svar				-	$b \approx t$	-	-	3 111 141
$3 < t \leq 8$						$6 \leq b \leq 8$	-	-	13
≤ 15						$\approx t$	-	-	141
						≤ 1	-	-	52
						0			
$3 < t \leq 10$	V - svar	∇			$40^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$b \leq 4$	$c \leq 2$	-	3 111 13 141
$3 < t \leq 12$					$6^\circ \leq \alpha \leq 8^\circ$	-			52
$t_1 > 2$ $t_2 > 2$	Jednostranný koutový svar	△			$70^\circ \leq \alpha \leq 100^\circ$	$b \leq 2$	-	-	3 111 13 141

5.3.3 Všeobecné tolerance pro svařované konstrukce

5.3.3

Pro nepředepsané tolerance ploch vzniklých svařováním konstrukcí existuje norma ČSN EN ISO 13920, která předepisuje čtyři třídy přesnosti pro délkové a úhlové mezní úchytky- A, B, C, D (viz obr. 5-8 a, b) a čtyři třídy přesnosti pro geometrické tolerance- E, F, G, H (viz obr. 5-8 c). Norma předepisuje geometrickou toleranci přímosti, rovinnosti a rovnoběžnosti. Ostatní, jsou-li kvůli funkci požadovány, musí být předepsány samostatně na výkrese [2]. Na netolerované rozměry a geometrické tolerance na opracovaných plochách svařovaných součástech je nutno uplatňovat všeobecné tolerance podle ČSN ISO 2768.

Předpis se na výkrese umísťuje do technických požadavků nad popisové pole a má tvar např.: EN ISO 13920- BF (obr. 5-1).



Obr. 5-8 Příklady rozměrů, na které se vztahují všeobecné tolerance svarků [1]

a) délkové rozměry; b) úhly; c) rovnoběžnost

5.3.4 Přídavky na obrábění

5.3.4

Obecně bývá přídavek na obrábění velký 1 až 4 % jmenovitého rozměru + 1 až 2 mm [18]. Nebo lze postupovat podle tabulky 5-4.

Tab. 5-4 Přidávky na obrábění [1]

Rozměry v mm

Obráběný rozměr d, h	Největší rozměr svarku L, D					
	50	100	150	250	500	1000
do 25	2	2	2	2,5	3	3,5
25 až 50	2	2,5	2,5	3	3	3,5
50 až 100	2,5	2,5	3	3	3,5	4
100 až 150	2,5	3	3	3,5	3,5	5
150 až 250	3	3	3,5	3,5	4	5
250 až 500	3	3,5	3,5	4	5	5
500 až 1000	3,5	4	4,5	5	6	6

5.3.5 Svařitelnost a materiály

Svařitelnost [19] je schopnost vytvořit kvalitní svarový spoj. Jde o důležitou technologickou vlastnost kovových materiálů, která je chápána jako metalurgická (závisí na složení a struktuře), technologická (závisí na technologii svařování) a jako konstrukční (závisí na tvarovém a rozměrovém řešení spoje). Materiály lze dělit na svařitelné, svařitelné za určitých podmínek a běžně nesvařitelné.

Z hlediska vhodnosti ke svařování se používá vliv chemického složení u nelegovaných ocelí vyjádřen uhlíkovým ekvivalentem C_E .

Vzorec pro uhlíkový ekvivalent podle Mezinárodního institutu pro svařování:

$$C_E = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15} [\%]$$

Pro $C_E \leq 0,35$ je ocel v běžných tloušťkách bez problémů svařitelná. Pro $C_E \leq 0,41$ není obvykle potřeba předehřev.

Mezi **materiály**, které se nejčastěji používají na svařované konstrukce patří oceli z třídy 11 s dobrou až zaručenou svařitelností [2], např.:

- 11 375 (S235JR)- pro staticky i dynamicky namáhané součásti, pro strojní součásti středních tlouštěk;
- 11 503 (S355J2)- pro součásti pracující až do -50 °C;
- 11 523 (S355J0)- pro mostní konstrukce, tlakové nádoby, potrubí, apod.

Při svařování se obvykle používá **přídavný materiál**, který při roztavení spolu se základním materiálem vytvoří svarový kov. Přídavný materiál ovlivňuje způsob a rychlost svařování, složení i vzhled výsledného svaru. Mezi přídavné materiály patří elektrody, svařovací dráty, keramické podložky, navařovací pásky a tavidla. Přídavné materiály lze najít v literatuře [2].

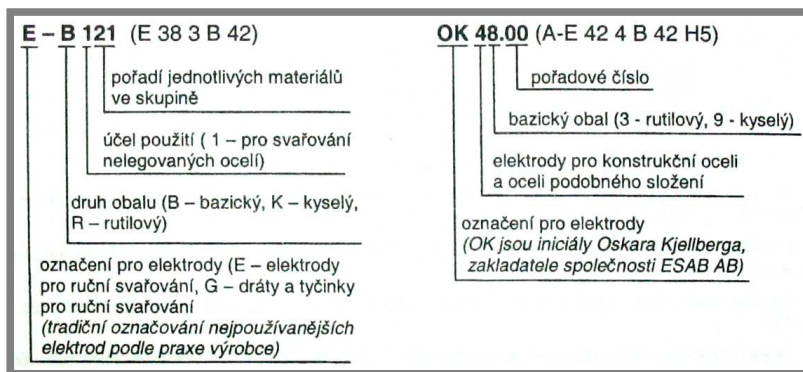
Svařovací elektrody se podle firmy ESAB Vamberk, dělí podle základního materiálu na elektrody pro svařování:

- nelegovaných ocelí;
- nízkolegovaných a jemnozrnných ocelí;
- žáropevných ocelí;
- nerezavějících a vysokolegovaných ocelí;
- pro opravy a renovace;
- šedé litiny;
- niklu a jeho slitin;
- mědi, hliníku, a jeho slitin;
- pro speciální účely.

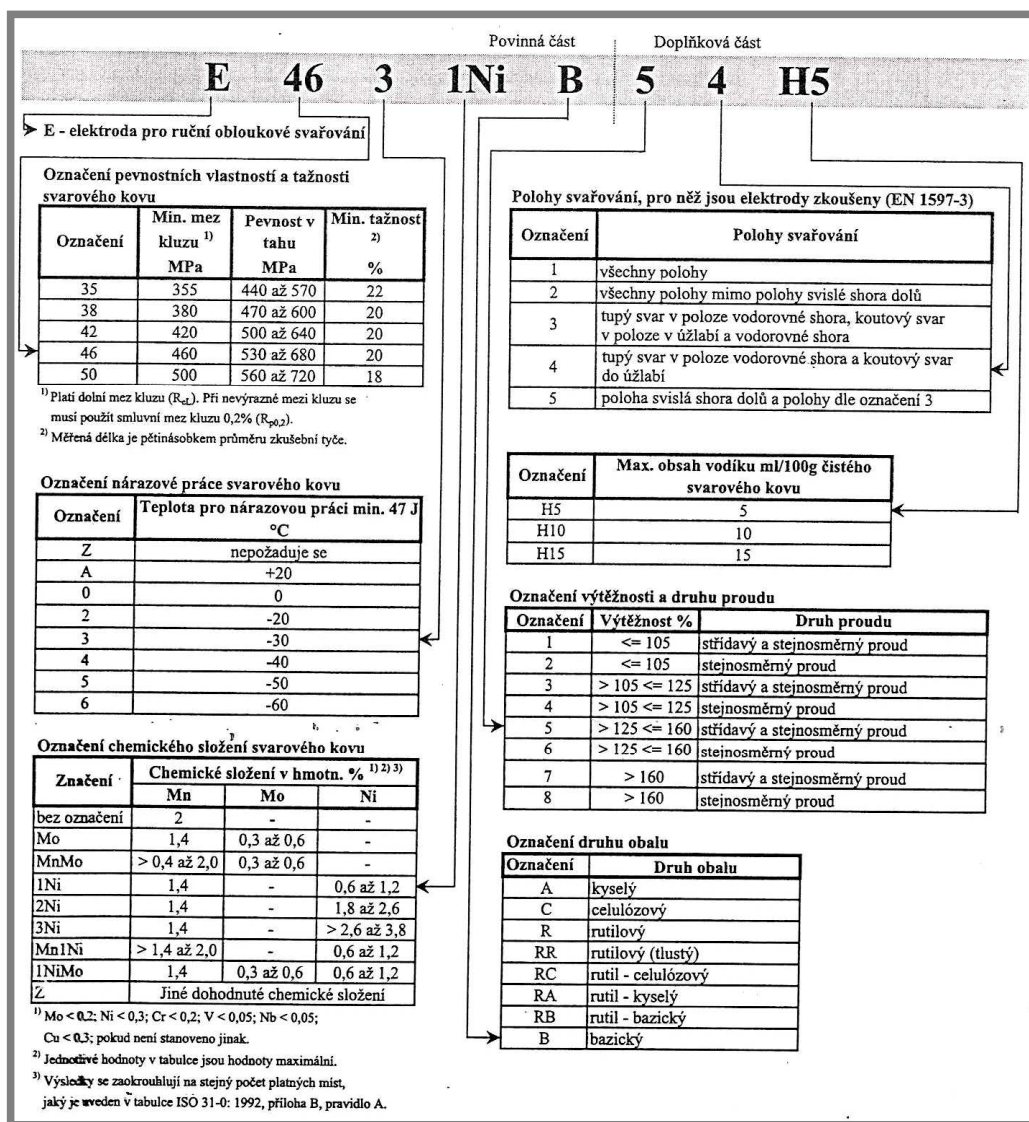
Elektrodami a jejich klasifikacemi a značením se zabývá řada norem. Například pro obalené elektrody pro ruční obloukové svařování nelegovaných a jemnozrnných ocelí slouží ČSN EN ISO 2560 [19] (obr. 5-10). Lze se také často setkat se značením elektrod podle největšího výrobce svařovací techniky ESAB Vamberk (obr. 5-9). Obě varianty jsou ekvivalentní [19].

Tavné **obalené elektrody** se používají pro ruční obloukové svařování. Při výběru vhodné svařovací elektrody je základním pravidlem kvalita svarového kovu, která musí být ekvivalentní nebo vyšší než základní materiál. Dále poloha svařování a typ svarového spoje, tloušťka svarového materiálu, způsob svařování, vnější podmínky apod. Typ obalu elektrody má vliv jak na kvalitu svarového kovu, tak na operativní vlastnosti při svařování [19].

Svařovací dráty se používají pro svařování v ochranných atmosférách, pro plamené svařování a pro svařování pod tavidlem. Dráty mohou být poměděné i nepoměděné, legované i nelegované, ve formátu metrových tyčinek či navinuté do cívek jako dlouhý drát. Dělení drátů je podobné jako u elektrod, tedy podle základního materiálu [19].



Obr. 5-9 Podnikové značení elektrod ESAB Vamberk [1]



Obr. 5-10 Značení elektrod podle ČSN EN ISO 2560-A [20]

V předmětu Konstruování se z přídavných materiálů používají tavné obalené elektrody pro obloukové ruční svařování (111) nebo svařovací dráty pro svařování s tavnou elektrodou v ochranných plynech (13).

5.3.6 Tepelné a mechanické zpracování svařovaných konstrukcí [18]

Při svařování dochází k výraznému lokálnímu ohřevu, což může nepříznivě působit na vnitřní strukturu. Je proto vhodné předepsat **tepelné zpracování**. Provádí se jako mezioperační nebo po ukončení svařování. Používá se především pro snížení zbytkového napětí, snížení rizika vzniku opožděných trhlin, snížení obsahu vodíku ve svarovém spoji, zabezpečení rozměrové stability svařované konstrukce atd. Předepisuje se nad popisové pole (obr 5-2), např. normalizační žíhání, normalizační žíhání a popouštění, žíhání na snížení obsahu vodíku nebo nejčastěji žíhání ke snížení napětí.

Mechanické zpracování svarových spojů se provádí na snížení zbytkových napětí, popř. na zlepšení rozměrové stability svařovaných konstrukcí a může se použít tehdy, když materiál svařované konstrukce má dostatečnou schopnost plastické deformace. Například ve ŽĐAS, a.s.[16] se používá jako mechanické zpracování na zmenšení napětí ve spojích vibrační zpracování.

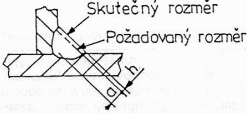
5.3.7 Zajištění jakosti svaru

Norma ČSN EN ISO 5817 [12] klasifikuje 26 vad (příklad v tab. 5-5) a stanovuje tři stupně jakosti provedení svarových spojů:

- D- nízký stupeň jakosti;
- C- střední stupeň jakosti;
- B- vysoký stupeň jakosti.

Jakost se svaru se vztahuje na svarové spoje zhotovených tavným svařováním (kromě elektronového a laserového svařování, ty jsou uvedeny v normě ISO 13919-1 [21]). V normě jsou definované nepřijatelné vady, přípustné vady a velikost a rozsah přípustných vad. Metalurgická hlediska, např. velikost zrn a tvrdost, nejsou v této normě zahrnuta. Stupeň jakosti se předepisuje na výkrese svarku obvykle do vidlice odkazové čáry v označování svarů [12].

Tab. 5-5 Klasifikace vad pro zajištění jakosti svaru (výběr) [12]

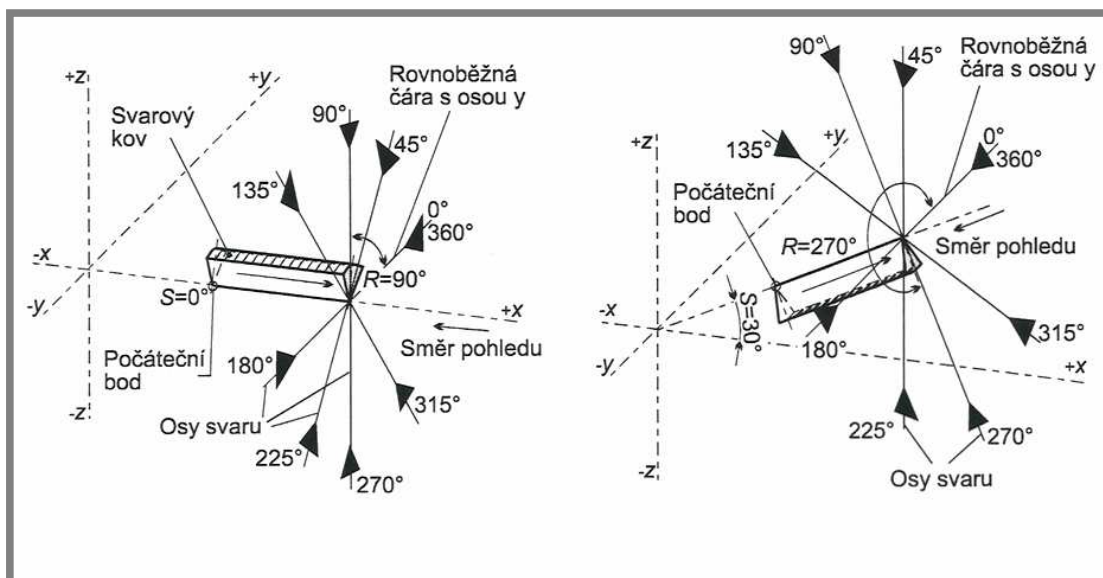
Číslo	Název vady	Pořadové číslo dle ISO 6520	Poznámky	Mezní hodnoty vad pro stupně jakosti		
				nízké D	střední C	vysoké B
14	Překročení rozměru koutového svaru	--	Pro mnoho použití není překročení požadovaného rozměru důvodem k zamítnutí 	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,3 a$ maximálně 5 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,2 a$ maximálně 4 mm	$h \leq 1 \text{ mm} + 0,15 a$ maximálně 3 mm

5.3.8 Polohy svařování [9]

Poloha svarů v prostoru je dána pomocí úhlu sklonu a úhlu otočení. Pracovní poloha svařování je pak určena polohou svaru v prostoru a směrem svařováním.

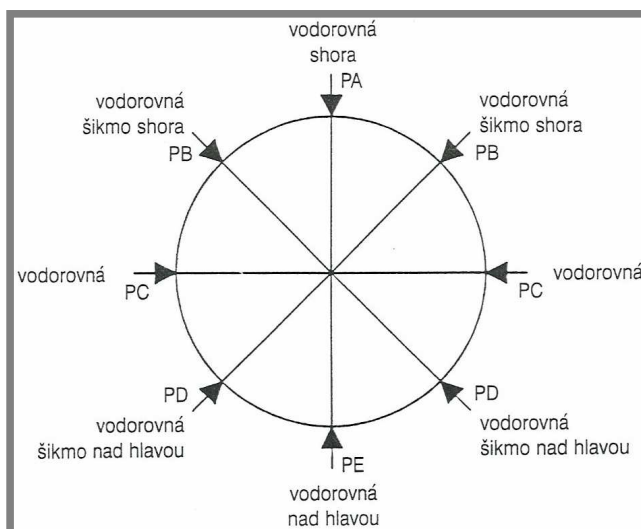
Sklon S (slope) je úhel mezi vodorovnou referenční rovinou a kořenem svaru.

Otočení R (rotation) je úhel mezi osou svaru v příčném směru, obvykle shodný se směrem elektrody, a kolmým směrem na podélnou osu svaru. Oba úhly se měří proti směru hodinových ručiček (obr. 5-11).



Obr. 5-11 Úhel skonu a úhel otočení [9]
 a) $S=0^\circ$ (nebo 360°) a $R=90^\circ$; b) $S=30^\circ$ a $R=270^\circ$

Směry svařování jsou na obr. 5-12.



Obr. 5-12 Směry svařování [19]

5.3.9 Pevnostní výpočet [14]

Pevnostním výpočtem svarových spojů strojních konstrukcí se zabývá ČSN 05 0120 [14]. Pevnostní výpočet není obsahovou náplní předmětu Konstruování.

6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Jedním z hlavních cílů předložené bakalářské práce bylo vytvořit sadu 12 úloh-zadání, každé s čtyřmi číselnými variantami (příloha). Zadání jsou určena studentům prvních ročníků obecných strojních bakalářů k výuce tvorby výkresové dokumentace svařované konstrukce v předmětu Konstruování. Volba svaru je ponechána na studentovi, proto svary ani technologické úkosity nejsou v zadáních zobrazeny. Každé zadání obsahuje tři hlavní části: technický výkres, model svaru a tabulku číselných hodnot.

Výkres obsahuje (obr. 6-1a):

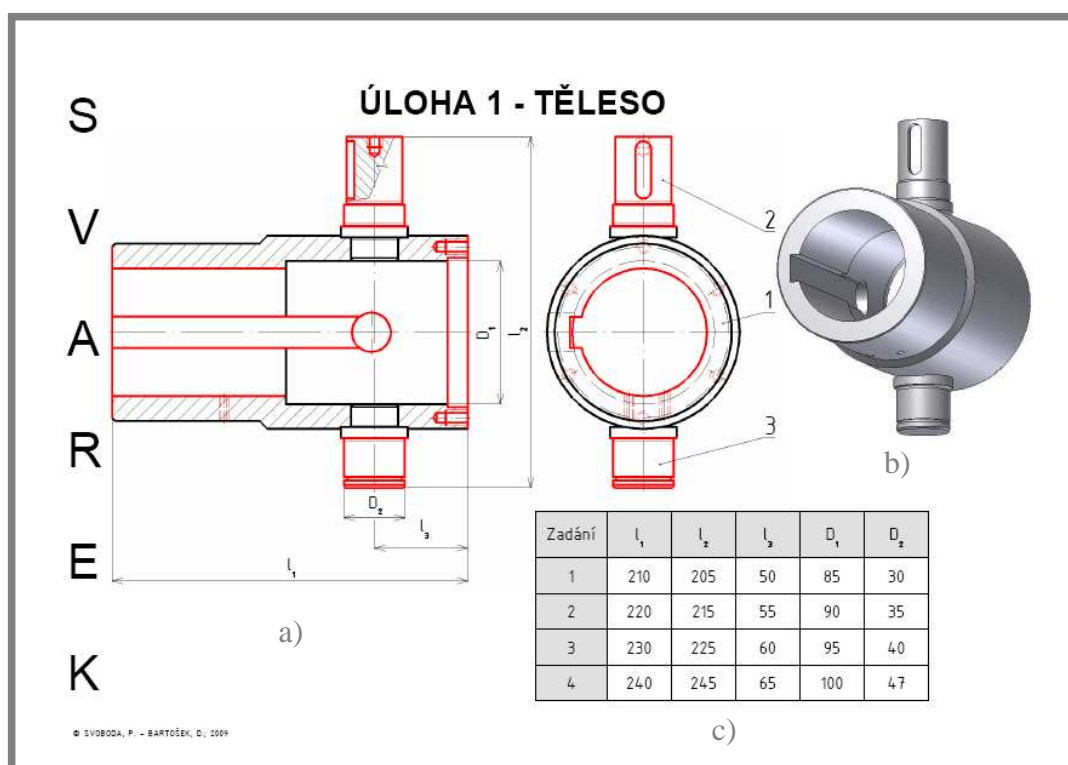
- červeně jsou vyznačené plochy určené k obrábění až po svařování;
- svary nejsou zobrazené;
- kótované jsou jen základní rozměry, ostatní rozměry student volí sám;
- počet a umístění pohledů nemusí být totožný s výkresem svaru vytvořený studentem.

Model svarku obsahuje (obr. 6-1b):

- je určen pro názornost svarku;
- svary nejsou vymodelované ani jinak zobrazené.

Tabulka hodnot obsahuje (obr. 6-1c):

- čtyři číselné varianty zadání;
- hodnoty jsou uvedeny v milimetrech.



Obr. 6-1 Úloha 1- TĚLESO

a) výkres; b) model; c) tabulka hodnot

7 ZÁVĚR- KONSTRUKČNÍ, TECHNOLOGICKÝ A EKONOMICKÝ ROZBOR ŘEŠENÍ

Předložená bakalářská práce se zabývá problematikou tvorby výkresové dokumentace svařovaných konstrukcí. Existují normy na kreslení a předepisování svarů, ale žádná norma neuvádí zpracování výkresové dokumentace svarů. Přináší to možnost optimalizovat výkresovou dokumentaci, ovšem vždy je potřeba dbát na srozumitelnost a přehlednost. Konstruktor podle potřeby, nebo podle vnitrofiremních předpisů, volí buď jeden výkres pro obě operace (svařování a následné obrábění) nebo použije dva výkresy (zvlášť pro svařování a zvlášť pro dokončovací obrábění). Náležitosti výkresů jsou opět ponechány na zvyklostech firmy. Výkresy dílců svarů lze také tvořit optimalizovaným způsobem. Pro jednoduché díly není potřeba kreslit samostatný výkres součásti, jeho rozměry a tvary se vyčtou přímo z výkresu svarů nebo ze seznamu položek. Nejednotnost kreslení technické dokumentace svařovaných konstrukcí ovšem přináší nutnost seznámení s různými možnostmi její tvorby. Možné způsoby kreslení svarů a jejich dílů jsou v kap. 1-1.

Budoucí trend v tvorbě technické dokumentace svařovaných konstrukcí bude jistě směrem modelace v 3D programech, kde lze svarům přímo přiřadit normovaný popis. Důležitou výhodou bývá to, že program symbolicky kopíruje postup výroby, tj. příprava dílů, příprava svarových ploch, svařování a závěrečné obrábění. Navíc už dnes programy umožňují výpočet zatížení svarového spoje, popř. zahrnout svar do kontroly metodou konečných prvků. Další nespornou výhodou počítačové modelace je efektivní změna tvarů a rozměrů svarů. Vítané obvykle bývá 3D tisknutí přímo z počítače, tzv. Rapid prototyping. Reálný prototyp součásti pak slouží nejen konstruktérovi k ověření funkčnosti, ale z ekonomického hlediska je spolu s počítačovou grafikou silným nástrojem pro najetí odbytu budoucí svařované konstrukce. V budoucnu se všechny tyto metody zpřesní a urychlí. Lze také očekávat, že s novými materiály přijdou i nové způsoby svařování.

Pro potřeby výuky v předmětu Konstruování by bakalářská práce měla sloužit jako doplněk stávající literatury pro zvládnutí formálně správné tvorby výkresové dokumentace svarů. Dalším přínosem této bakalářské práce je modernizovaná sada zadání úloh pro tvorbu výkresové dokumentace svarů do předmětu Konstruování v prvním ročníku FSI VUT v Brně.

8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] SVOBODA, P. – BRANDEJS, J. – DVOŘÁČEK, J. – PROKEŠ, F. *Základy konstruování*. 2. vyd. Brno: CERM, 2008. 234 s. ISBN: 978-80-7204-584-6.
- [2] SVOBODA, P. – BRANDEJS, J. – PROKEŠ, F.: *Základy konstruování: výběr z norem pro konstrukční cvičení*. Brno: CERM, 2008. 288 s. ISBN 978-80-7204-534-1.
- [3] KOVAŘÍK, R. – ČERNÝ, F. *Technologie svařování*. 2. vyd. Plzeň: Tiskové středisko ZČU, 2000. 186 s. ISBN 80-7082-697-5
- [4] BOHÁČEK, F., aj. *Základy strojnictví*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1989. 464 s. ISBN 80-03-00083-1.
- [5] FOŘT, P. – KLETEČKA, J. *Autodesk Inventor 6*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2003. 259 s. ISBN 80-7226-911-9.
- [6] ČSN 05 0000: *Zváranie. Zváranie kovov. Základné pojmy*. 1988.
- [7] ČSN EN ISO 9692-1 (05 0025): *Svařování a příbuzné procesy - Doporučení pro přípravu svarových spojů - Část 1: Svařování ocelí ručně obloukovým svařováním obalenou elektrodou, tavící se elektrodou v ochranném plynu, plamenovým svařováním, svařováním wolframovou elektrodou v inertním plynu a svařováním svazkem paprsků*. 2004.
- [8] ČSN EN ISO 4063 (05 0011): *Svařování a příbuzné procesy - Přehled metod a jejich číslování*. 2001.
- [9] ČSN EN ISO 6947 (05 0024): *Svařování - Pracovní polohy - Definice úhlu sklonu a otočení*. 1999.
- [10] ČSN EN 13479 (05 5805): *Svařovací materiály - Všeobecná výrobní norma pro přídavné kovy a tavidla pro tavné svařování kovových materiálů*. 2005.
- [11] ČSN EN ISO 13920 (05 0205): *Svařování - Všeobecné tolerance svařovaných konstrukcí - Délkové a úhlové rozměry - Tvar a poloha*. 2003.
- [12] ČSN EN ISO 5817 (05 0110): *Svařování - Svarové spoje oceli, niklu, titanu a jejich slitin zhotovené tavným svařováním (kromě elektronového a laserového svařování)- Určování stupňů kvality*. 2008..
- [13] ČSN EN ISO 18278-1 (05 1330): *Odporové svařování - Svařitelnost - Část 1: Hodnocení svařitelnosti kovových materiálů pro odporové bodové, švové a výstupkové svařování*. 2005.
- [14] ČSN 05 0120: *Výpočet svarových spojů strojních konstrukcí*. 1972
- [15] ČSN EN 22553 (01 3155): *Svarové a pájené spoje. Označování na výkresech*. Praha: Český normalizační institut, 1998. 56 s.
- [16] ŽN S 021: *Technické předpisy pro svařování ocelových konstrukcí*. Duben 2006
- [17] KRŽÍŽ, R. – VÁVRA, P. *Strojírenská příručka- 5. svazek*. 1. vyd. Praha: Scientia, 1994. 241 s. ISBN 80-85827-5-10.
- [18] SOBEK, E., aj. *Základy konstruování: návody na konstrukční cvičení*. 4. vyd. Brno: VUTIM, 1998. 195 s. ISBN: 80-214-1083-3.
- [19] POSPÍCHAL, J. *Technické kreslení*. 2. vyd. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2003. 84 s. ISBN: 80-01-02196-3.
- [19] *Katalog přídavných materiálů pro svařování*. 3. vyd. Vamberk: ESAB, 2007. 434 s.
- [20] ČSN EN ISO 2560 (05 5005): *Svařovací materiály - Obalené elektrody pro ruční obloukové svařování nelegovaných a jemnozrnných ocelí – Klasifikace*. 2007

- [21] ČSN EN ISO 13919-1 (05 0335): *Svařování - Svarové spoje zhotovené elektro-
novým a laserovým svařováním - Směrnice pro určování stupňů jakosti - Část 1:
Ocel*. 1998.
- [22] [online] <<http://www.quido.cz/objevy/svarovani.htm>> [cit. 2009-04-10].
- [23] [program] AutoCAD, verze 2007. Autodesk, Inc.
- [24] [program] Autodesk Inventor, verze 11. Autodesk, Inc.

9 SEZNAM OBRÁZKŮ**9**

Obr. 1-1 Přehled způsobů zpracování výkresové dokumentace svarku	13
Obr. 1-2 Volba svařenec	14
Obr. 1-3 Volba zkosení	14
Obr. 1-4 Volba svarů	15
Obr. 1-5 Postupné modelování svarku	15
Obr. 5-1 Svarek ozubeného kola v montážní jednotce	20
Obr. 5-2 Výkres svarku pro svařování a obrábění	22
Obr. 5-3 Výkres součásti	23
Obr. 5-4 Seznam položek	23
Obr. 5-5 Úplné označení svaru na výkrese svarku	24
Obr. 5-6 Poloha odkazové čáry u 1/2 V svaru	24
Obr. 5-7 Poloha značky svaru ve vztahu k praporku odkazové čáry	25
Obr. 5-8 Příklady rozměrů, na které se vztahují všeobecné tolerance svarků	27
Obr. 5-9 Podnikové značení elektrod ESAB Vamberk	30
Obr. 5-10 Značení elektrod podle ČSN EN ISO 2560-A	30
Obr. 5-11 Úhel skonu a úhel otočení	32
Obr. 5-12 Směry svařování	32
Obr. 6-1 Úloha 1- TĚLESO	33

10 SEZNAM TABULEK

Tab. 5-1 Základní značky svaru (výběr)	25
Tab. 5-2 Výběr doplňkových značek	26
Tab. 5-3 Tvary a rozměry svarových ploch (výběr)	27
Tab. 5-4 Přídavky na obrábění	28
Tab. 5-5 Klasifikace vad pro zajištění jakosti svaru (výběr)	31

11 SEZNAM PŘÍLOH

11

- Úloha 1- TĚLESO
- Úloha 2- PŘÍRUBA
- Úloha 3- NÁBOJ
- Úloha 4- HRŘÍDEL
- Úloha 5- POUZDRO
- Úloha 6- DRŽÁK
- Úloha 7- OBJÍMKA
- Úloha 8- ZÁKLADNA
- Úloha 9- NÁBOJ
- Úloha 10- KONZOLA
- Úloha 11- TRUBKA
- Úloha 12- DRŽÁK ČELISTÍ

S

ÚLOHA 1 - TĚLESO

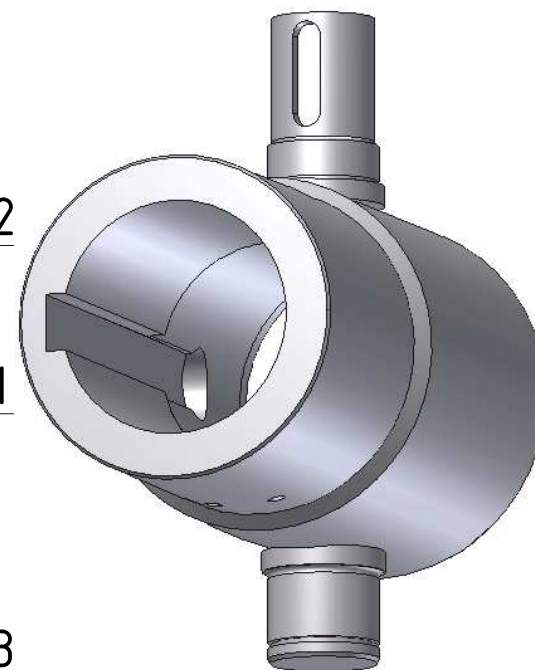
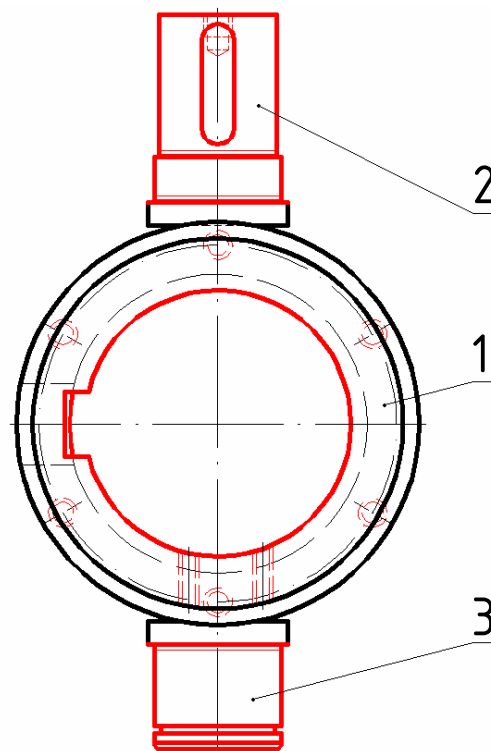
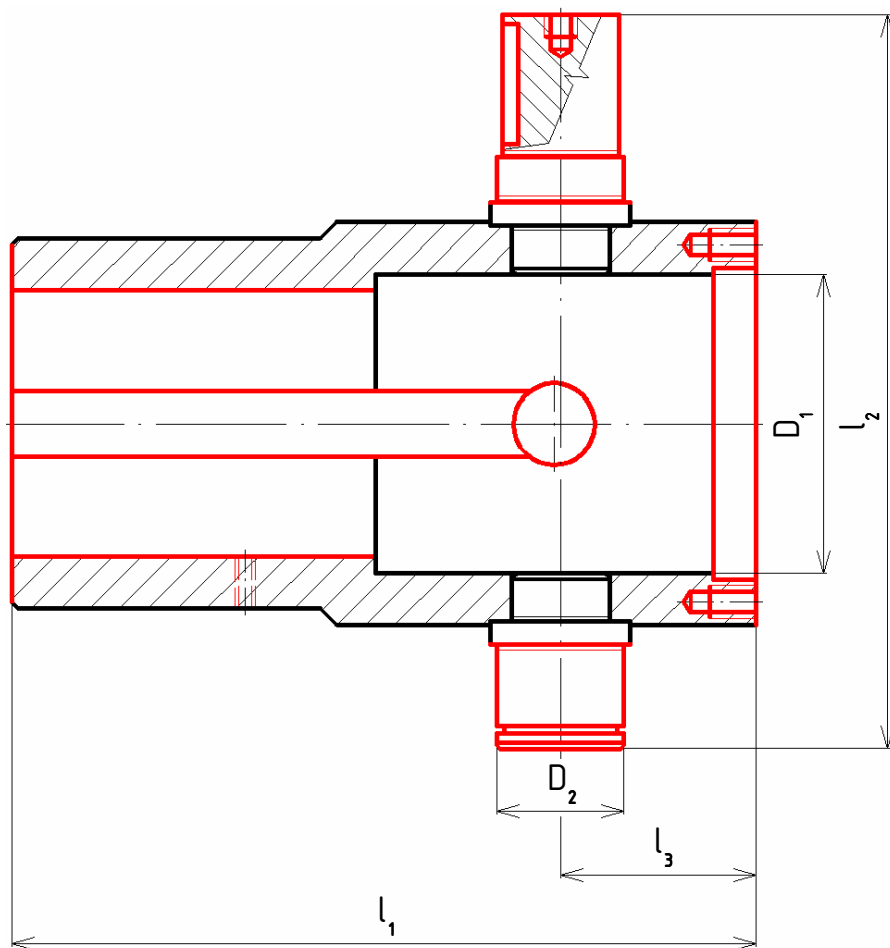
V

A

R

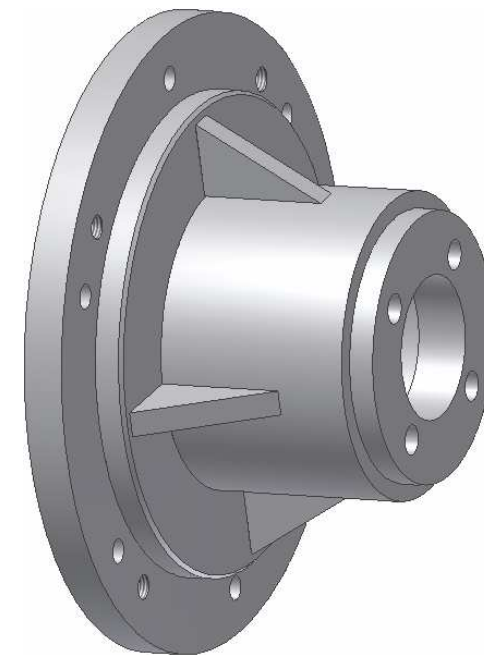
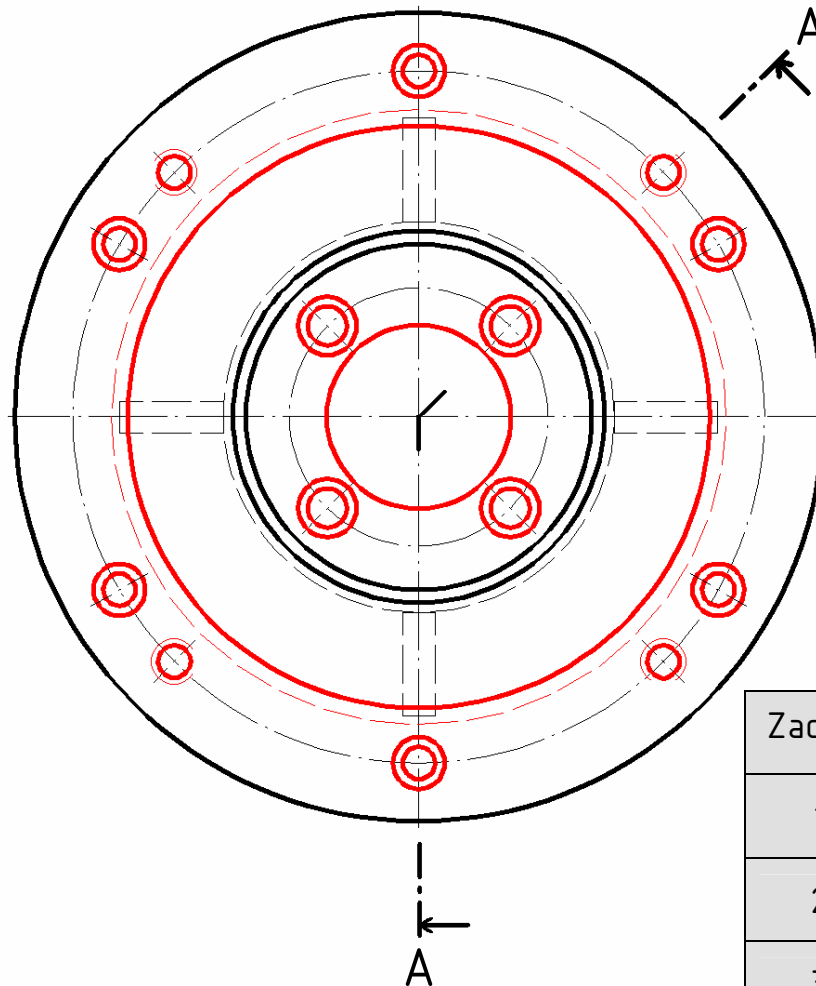
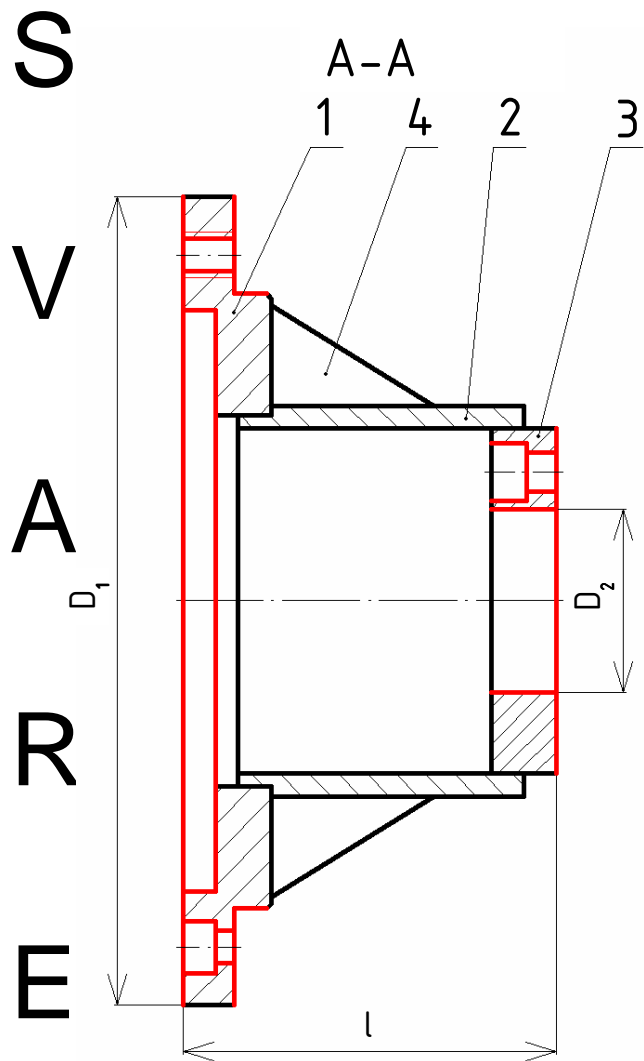
E

K



Zadání	l_1	l_2	l_3	D_1	D_2
1	210	205	50	85	30
2	220	215	55	90	35
3	230	225	60	95	40
4	240	245	65	100	47

ÚLOHA 2 - PŘÍRUBA



Zadání	l	D ₁	D ₂
1	90	220	52
2	95	230	52
3	105	240	62
4	115	250	62

S

ÚLOHA 3 - NÁBOJ

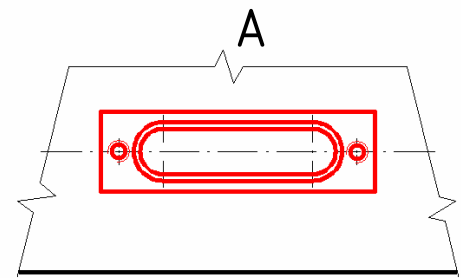
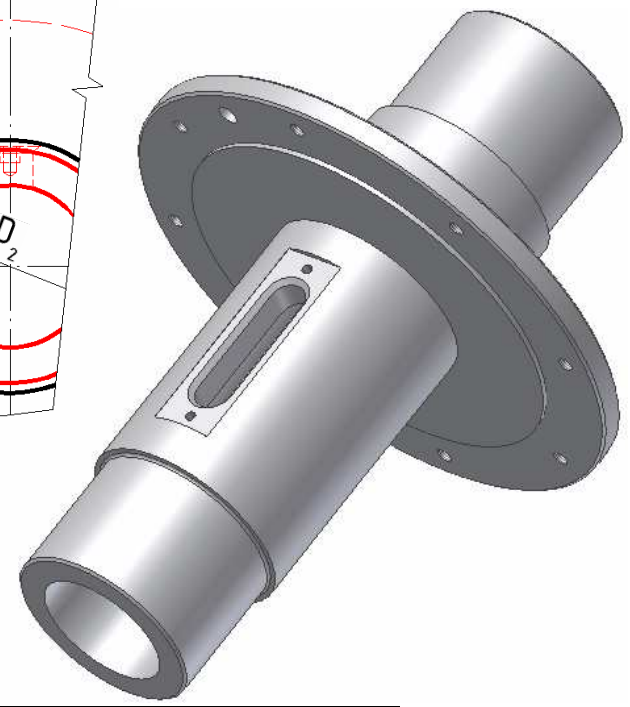
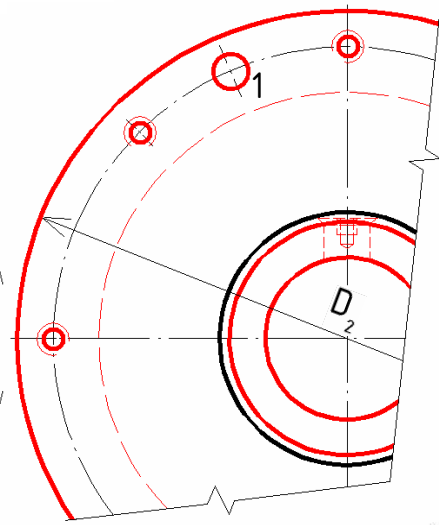
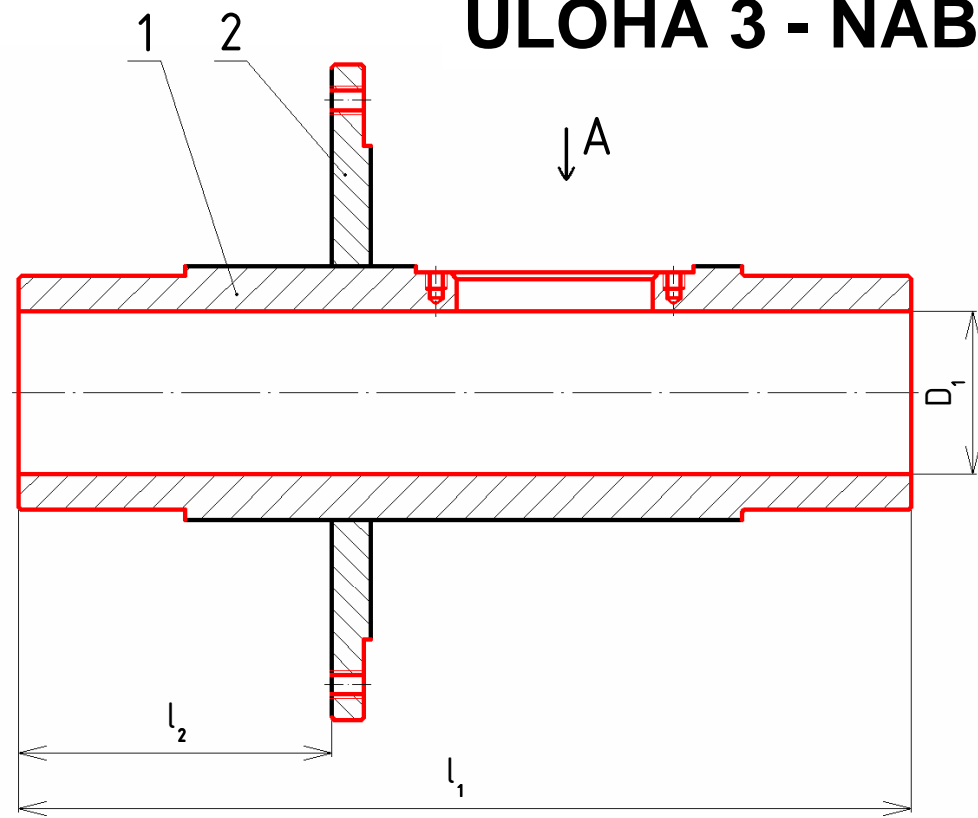
V

A

R

E

K



Zadání	l_1	l_2	D_1	D_2
1	240	70	45	170
2	250	75	45	180
3	260	80	50	190
4	270	95	50	200

S

ÚLOHA 4 - HŘÍDEL

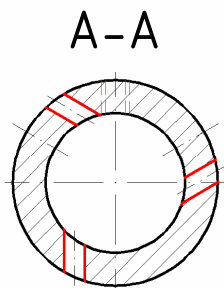
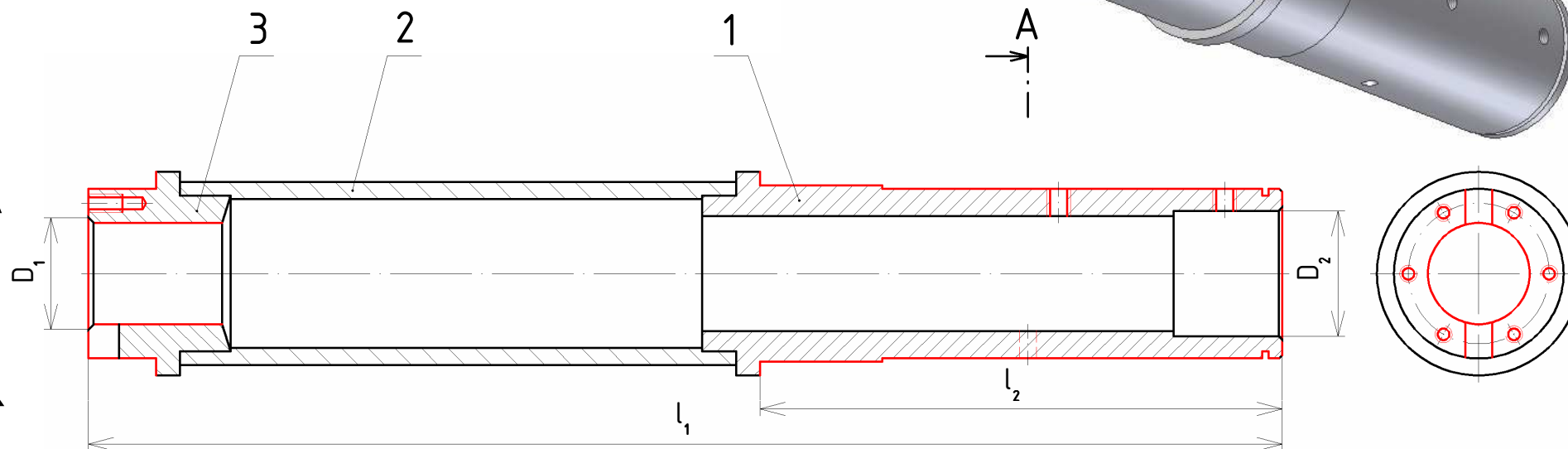
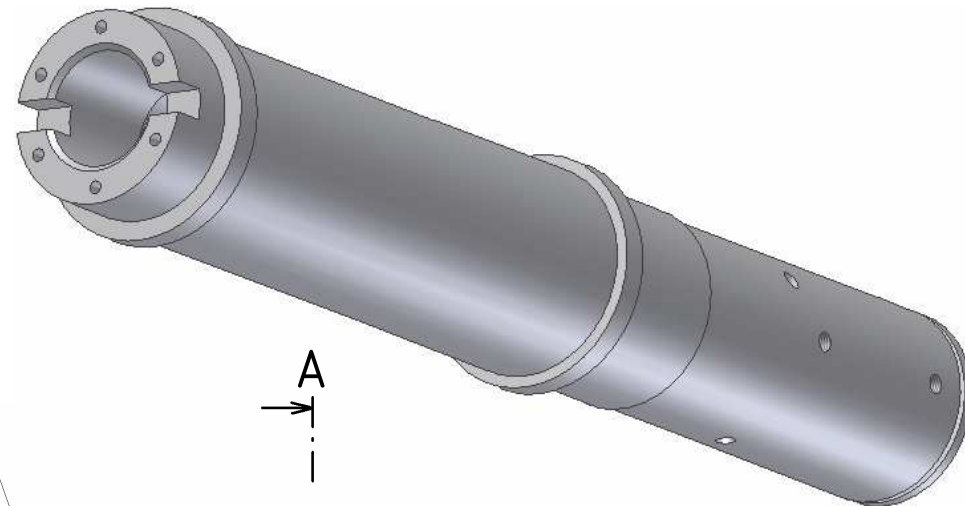
V

A

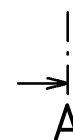
R

E

K



Zadání	l_1	l_2	D_1	D_2
1	840	350	47	62
2	850	360	52	72
3	860	370	62	80
4	870	380	72	90



S

ÚLOHA 5 - POUZDRO

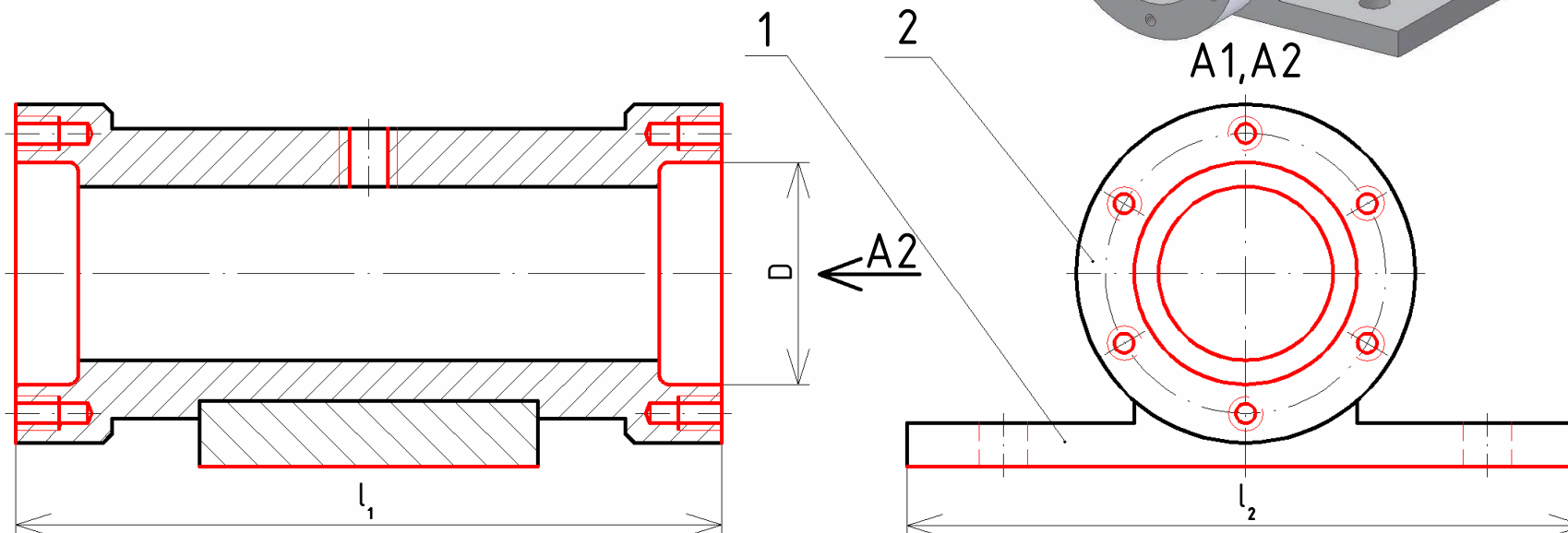
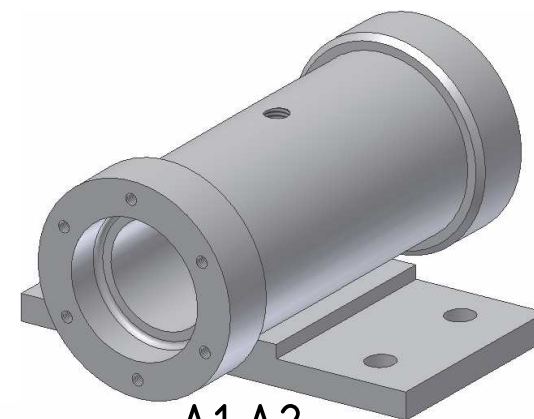
V

A

R

E

K



Zadání	l_1	l_2	D
1	140	130	47
2	150	140	47
3	160	150	55
4	170	160	62

S

ÚLOHA 6 - DRŽÁK

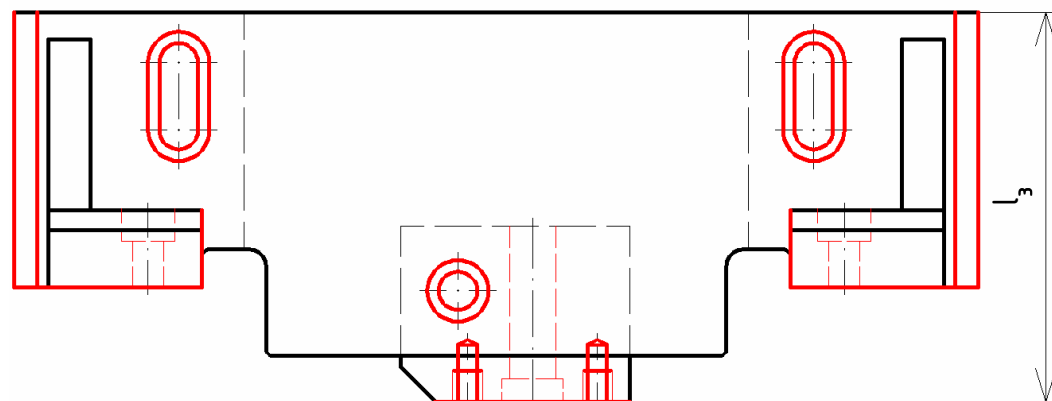
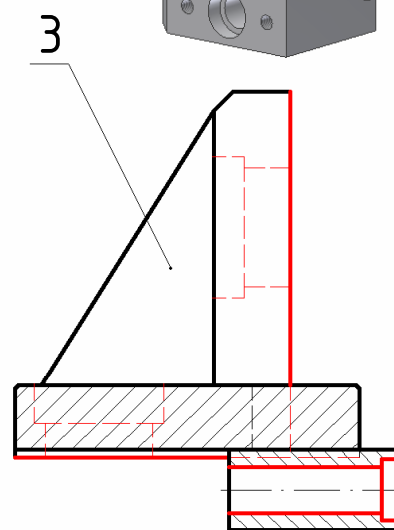
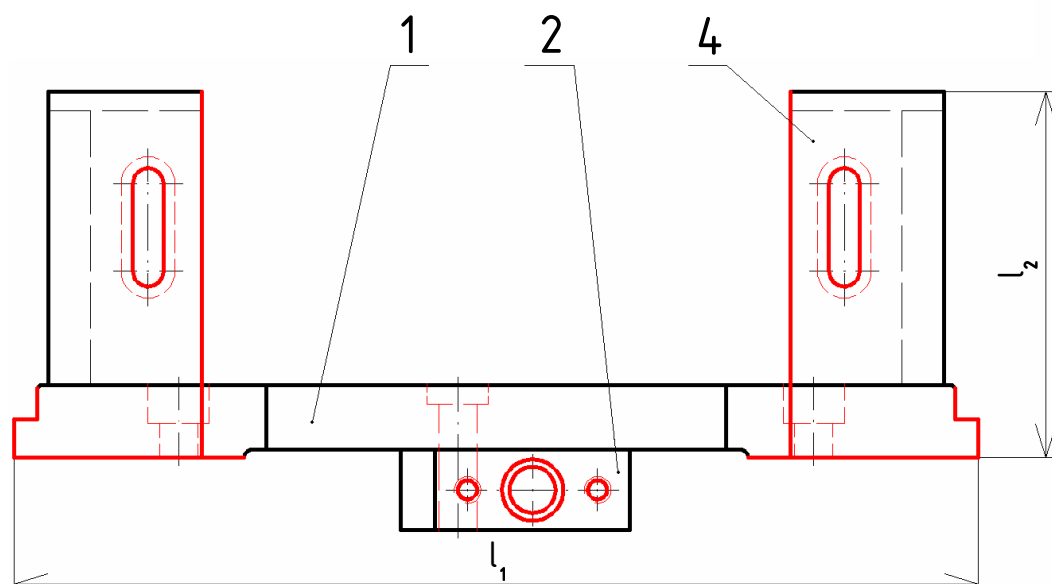
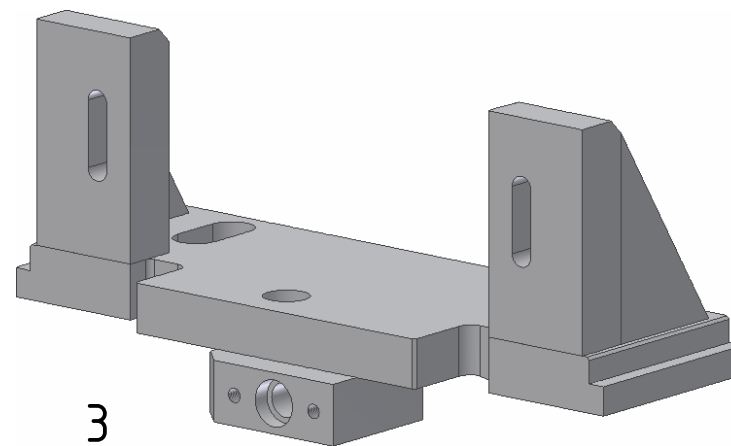
V

A

R

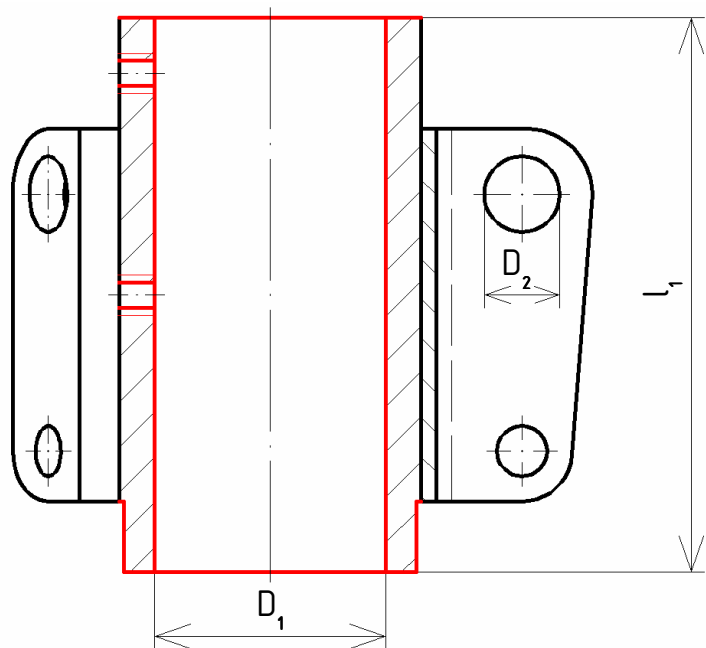
E

K

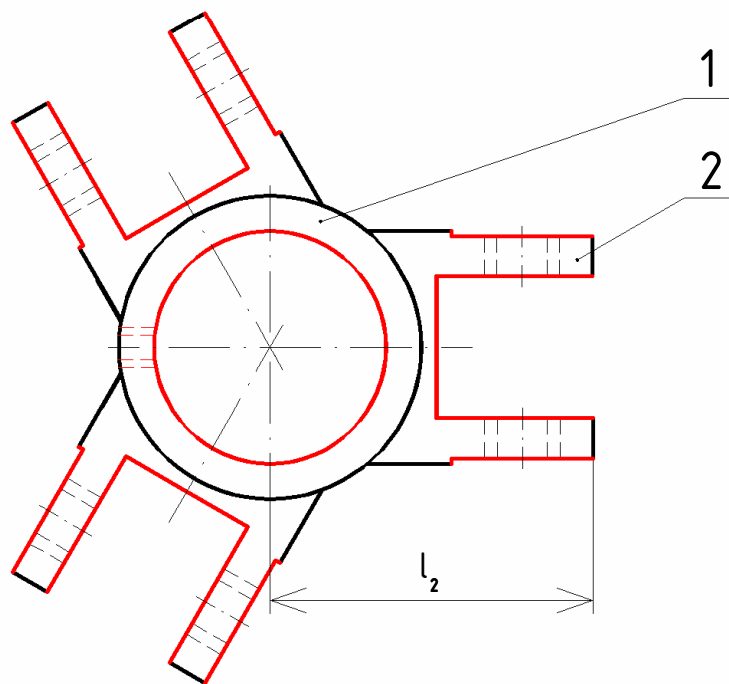
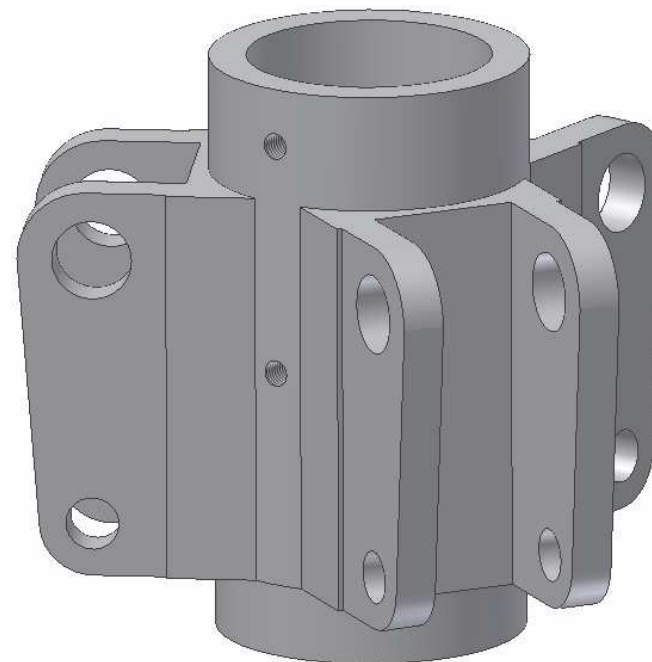


Zadání	l_1	l_2	l_3
1	245	90	95
2	250	95	100
3	255	100	105
4	260	105	110

S
V
A
R
E
K



ÚLOHA 7 - OBJÍMKA



Zadání	D_1	D_2	l_1	l_2
1	80	15	195	108
2	85	15	205	114
3	85	20	215	120
4	90	20	225	126

S

ÚLOHA 8 – ZÁKLADNA

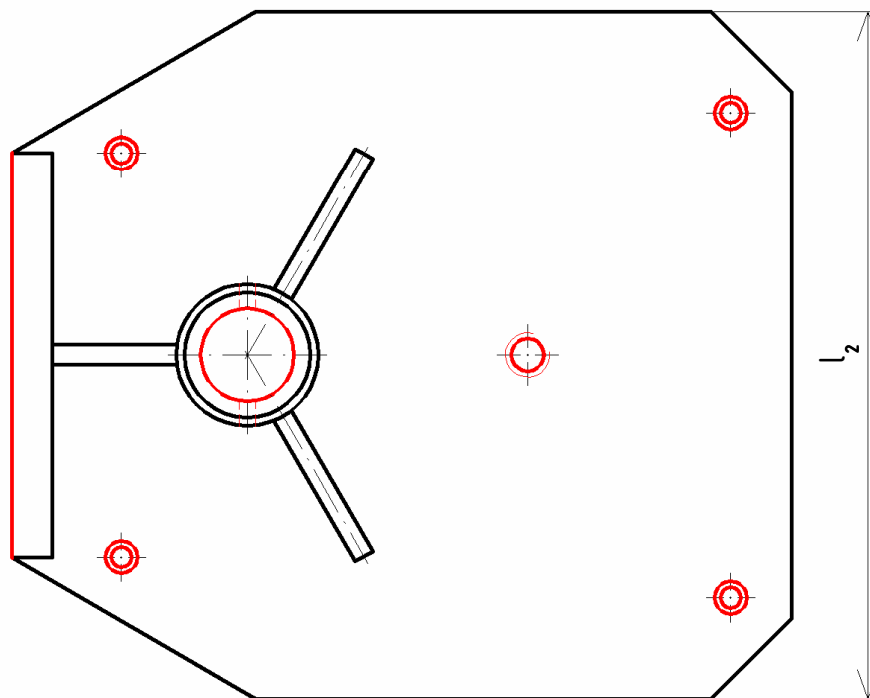
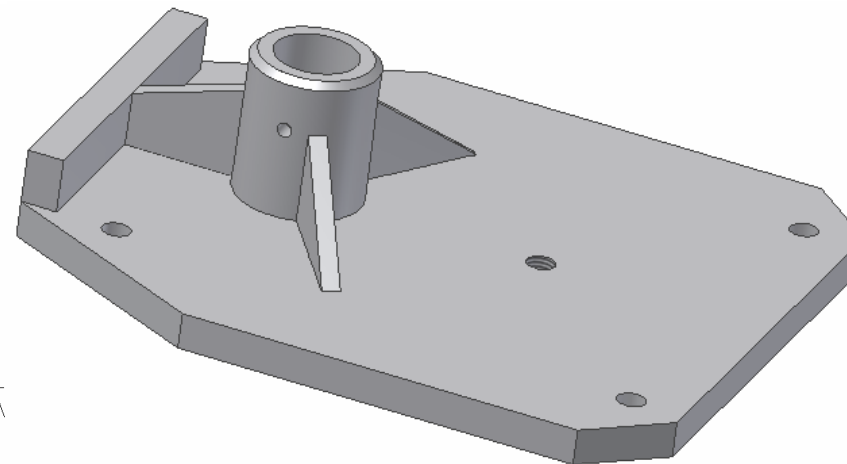
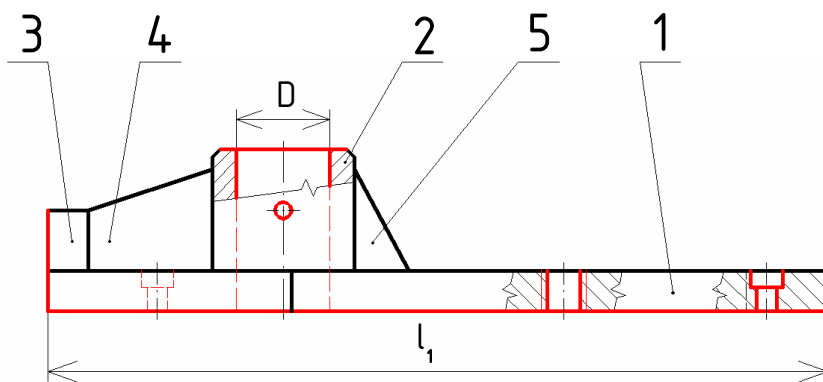
V

A

R

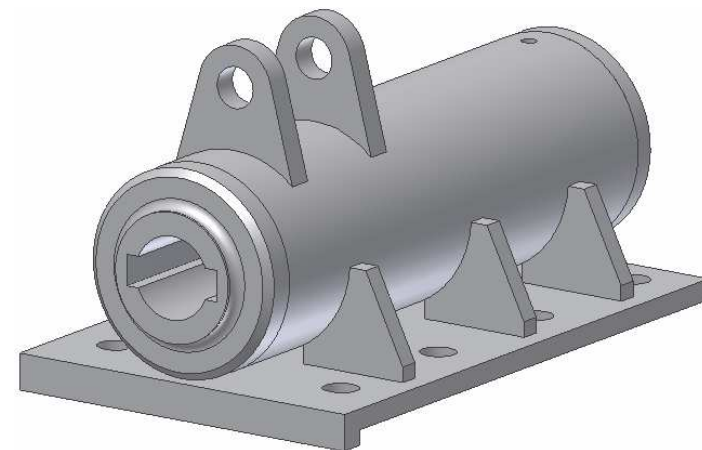
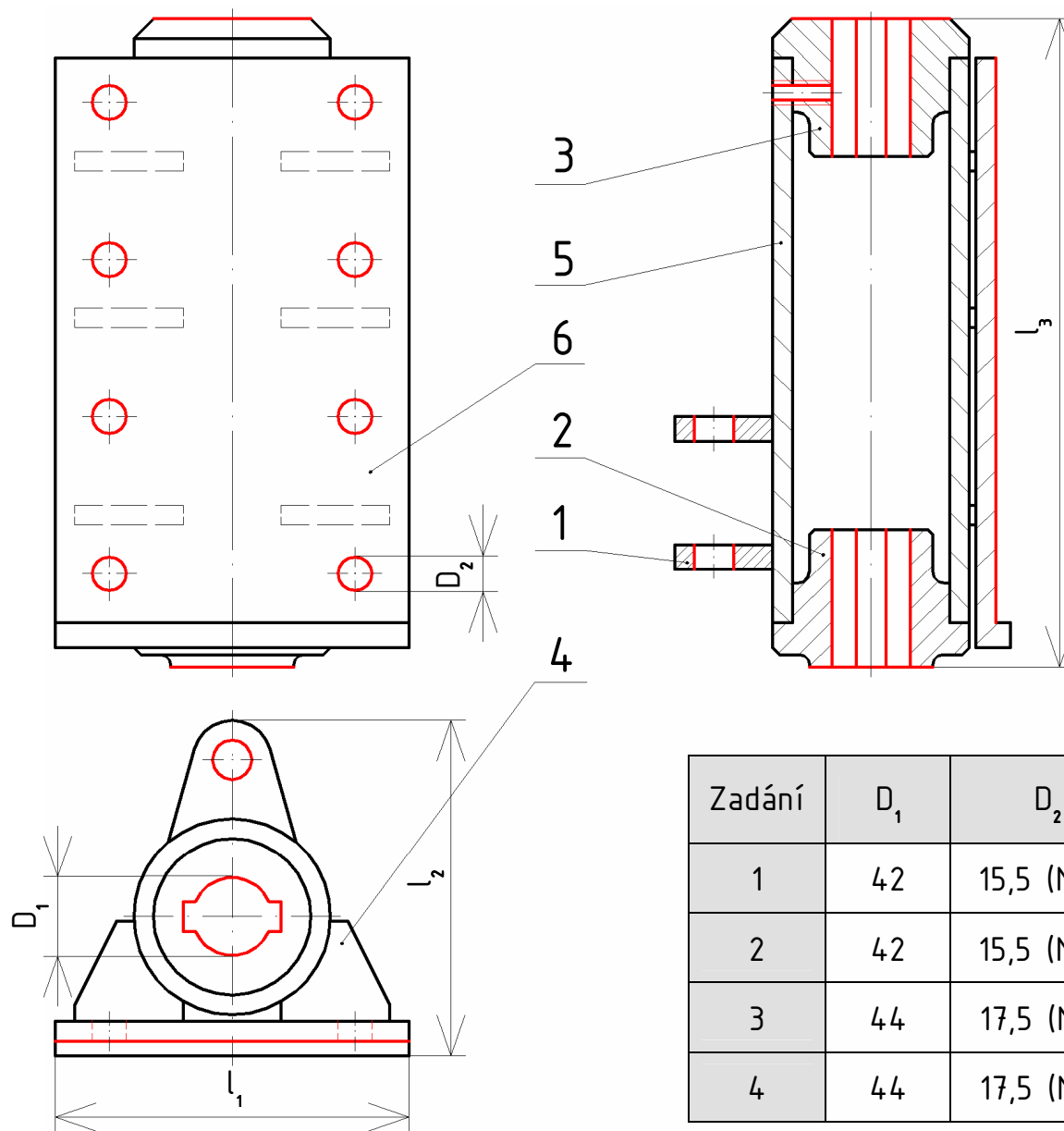
E

K



Zadání	D	l_1	l_2
1	45	350	310
2	45	360	320
3	48	370	330
4	48	380	340

ÚLOHA 9 – NÁBOJ



Zadání	D_1	D_2	l_1	l_2	l_3
1	42	15,5 (M14)	165	155	200
2	42	15,5 (M14)	170	160	210
3	44	17,5 (M16)	175	165	320
4	44	17,5 (M16)	180	170	330

S

ÚLOHA 10 – KONZOLA

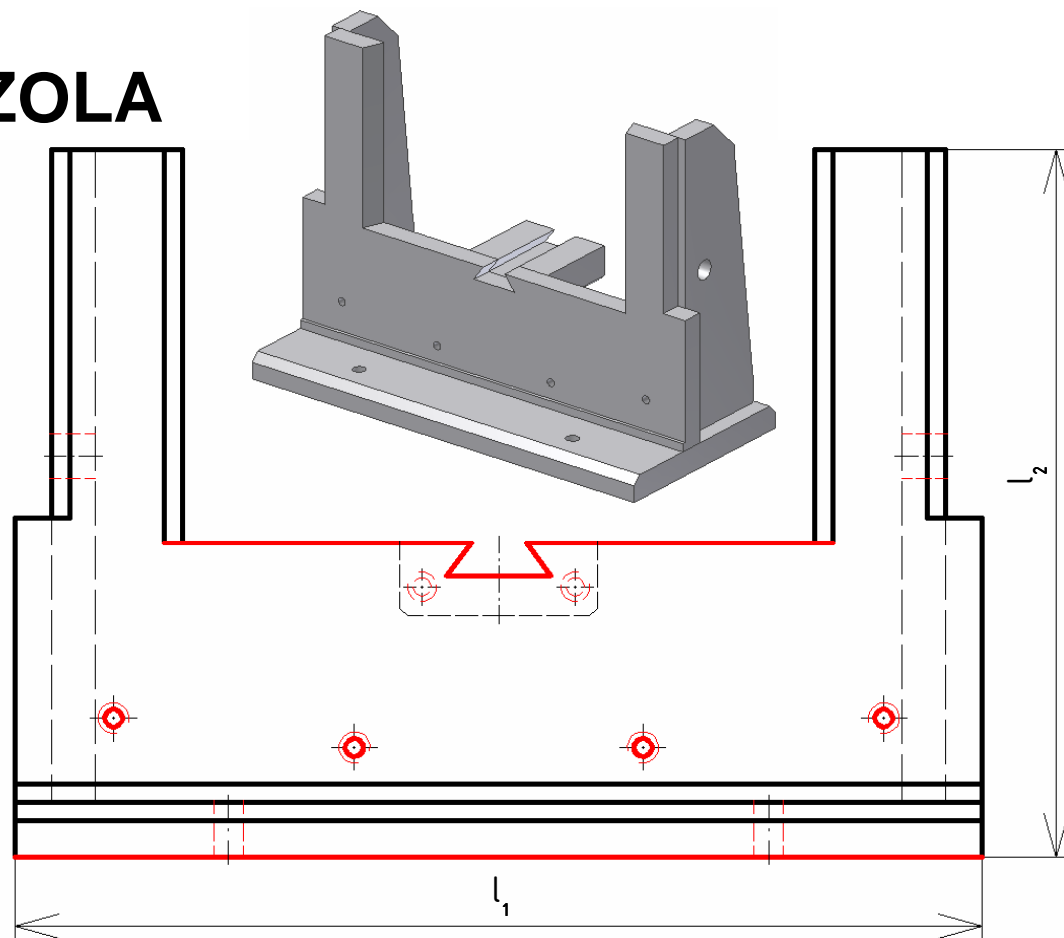
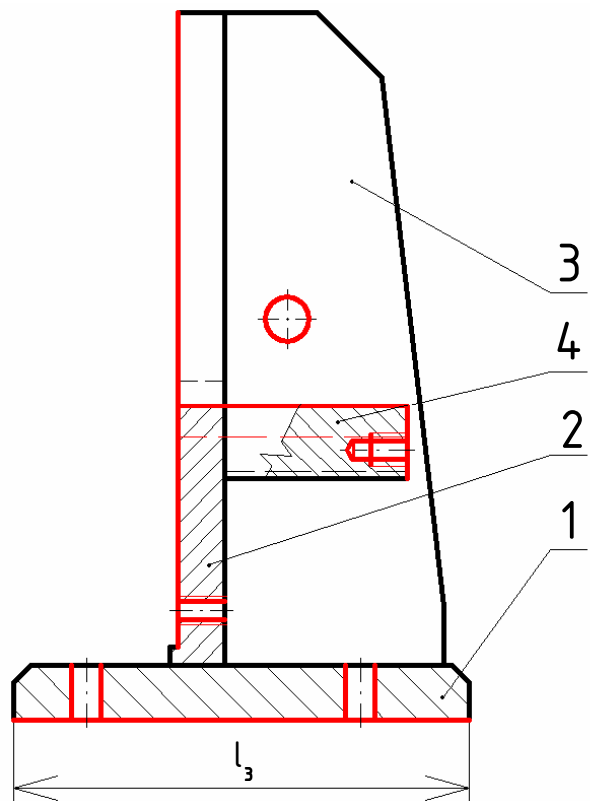
V

A

R

E

K



Zadání	l_1	l_2	l_3
1	245	175	105
2	255	185	115
3	265	195	125
4	275	205	135

S

ÚLOHA 11 – TRUBKA

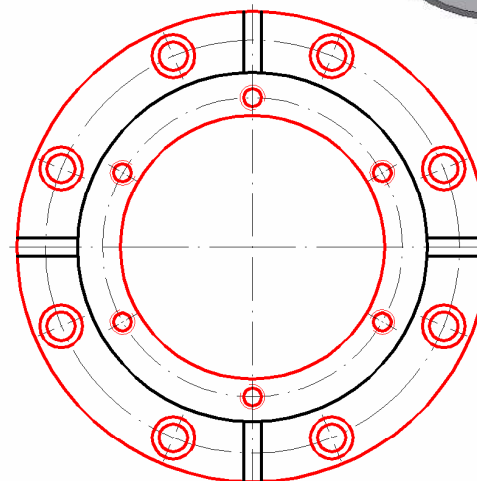
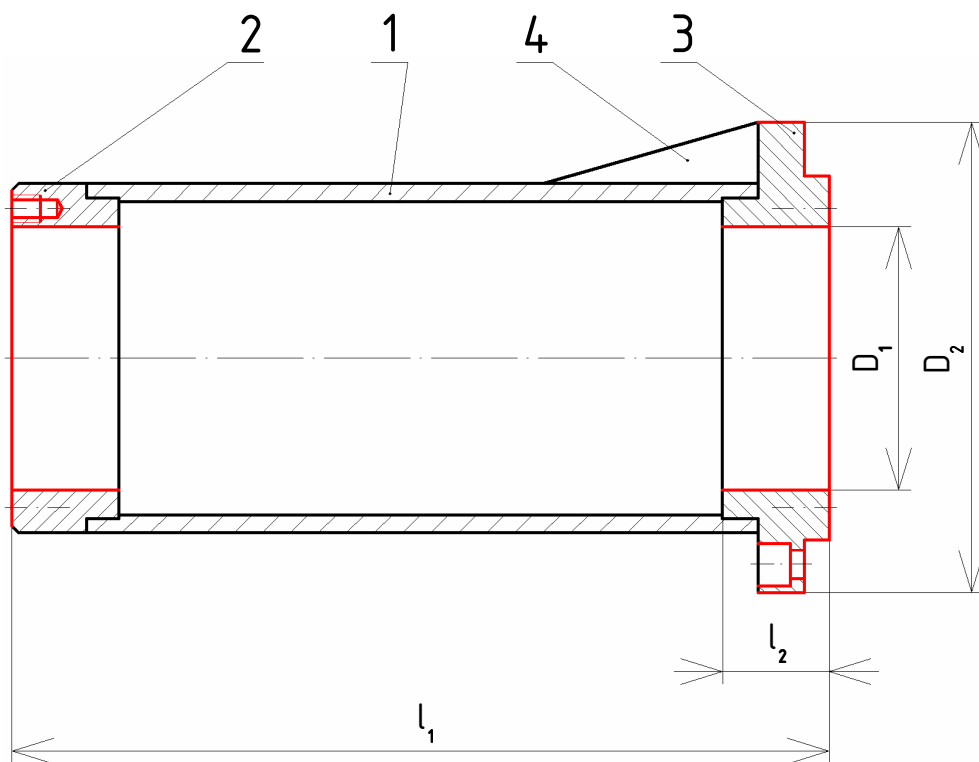
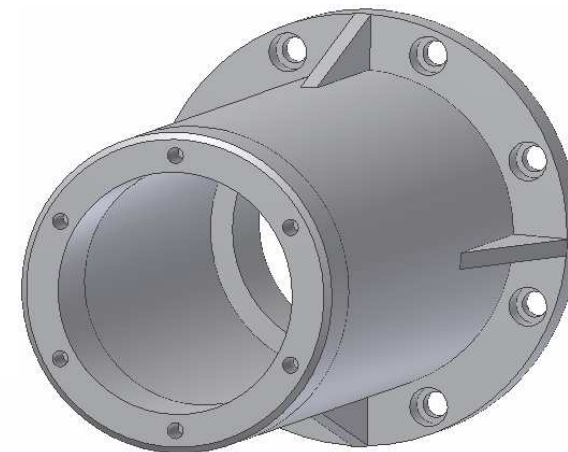
V

A

R

E

K



Zadání	D_1	D_2	l_1	l_2
1	120	230	430	50
2	130	240	440	50
3	140	250	450	60
4	150	260	460	60

S

ÚLOHA 12 – DRŽÁK ČELISTÍ

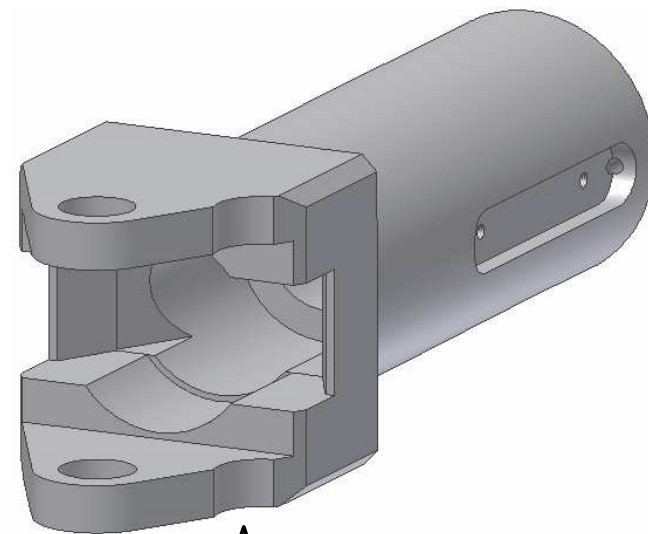
V

A

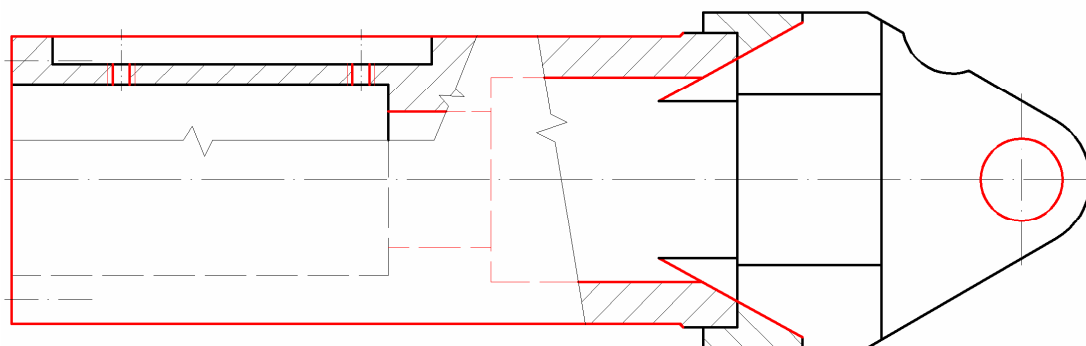
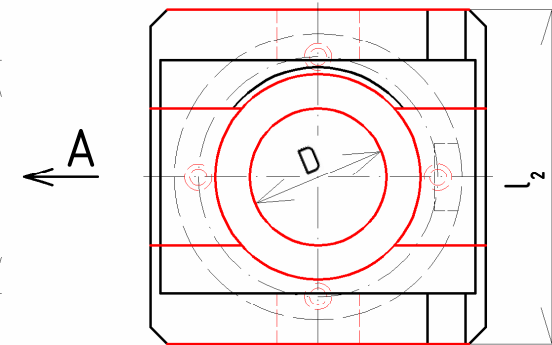
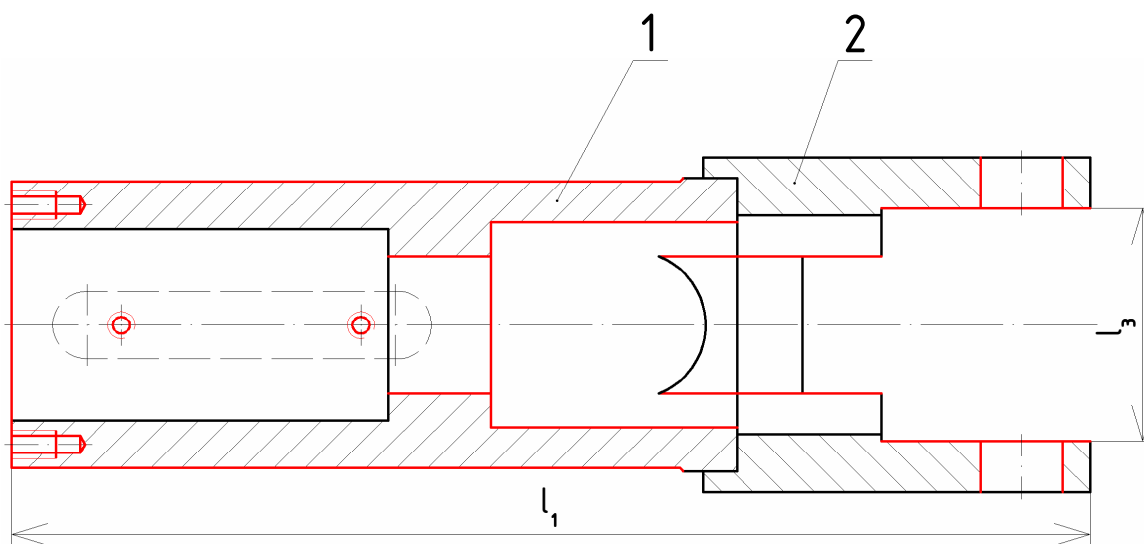
R

E

K



A



Zadání	D	l_1	l_2	l_3
1	36	284	95	60
2	38	294	95	65
3	40	304	105	70
4	42	314	105	75