

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

**FAKULTA PEDAGOGICKÁ
KATEDRA TECHNICKÉ VÝCHOVY**

**ZÁKLADNÍ TECHNOLOGICKÉ POSTUPY TVÁŘENÍ PŘI VÝUCE
TECHNICKÝCH PŘEDMĚTŮ NA ZŠ**
DIPLOMOVÁ PRÁCE

Bc. Jiří Láska

Učitelství pro 2. stupeň ZŠ, obor TE-VT

Vedoucí práce: Ing. Jindřich Korytář

Plzeň, 2016

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně
s použitím uvedené literatury a zdrojů informací.

V Plzni, 1. dubna 2016

.....
vlastnoruční podpis

NA TOMTO MÍSTĚ BYCH CHTĚL VELMI PODĚKOVAT VEDOUCÍMU
PRÁCE PANU ING. JINDŘICHU KORYTÁŘOVI ZA VELMI CENNÉ RADY
A PROFESIONÁLNÍ PŘÍSTUP.

ZDE SE NACHÁZÍ ORIGINÁL ZADÁNÍ KVALIFIKAČNÍ PRÁCE.

OBSAH

Úvod	3
1 RÁMCOVÝ VZDĚLÁVACÍ PLÁN	4
1.1 ČLOVĚK A SVĚT PRÁCE	4
1.1.1 Práce s technickými materiály	5
1.1.2 Práce s drobným materiálem	6
1.1.3 Design a konstruování:	6
1.2 ŠKOLNÍ VZDĚLÁVACÍ PLÁN NA ZŠ DOMAŽLICE, KOMENSKÉHO 17	7
1.3 ČLOVĚK A SVĚT PRÁCE DLE ŠVP NA ZŠ DOMAŽLICE, KOMENSKÉHO 17	7
1.3.1 Pracovní činnosti 7. ročník	7
1.3.2 Pracovní činnosti 9. ročník	8
1.3.3 Technické činnosti 8. ročník	9
1.3.4 Technické činnosti 9. ročník	9
1.4 SHRNUTÍ	10
2 HISTORIE	11
2.1 HISTORIE OBRÁBĚNÍ	11
2.2 HISTORIE TVÁŘENÍ	12
2.3 HISTORIE SLÉVÁNÍ	13
2.4 HISTORIE SVAŘOVÁNÍ	14
3 KLASIFIKACE TECHNOLOGIÍ	16
3.1 OBRÁBĚNÍ	17
3.1.1 Dělení materiálu	17
3.1.2 Stříhání	18
3.1.3 Stříhání ručními nůžkami	19
3.1.4 Druhy ručních nůžek:	19
3.1.5 Stříhání pomocí pákových, tabulových a strojních nůžek	20
3.1.6 Bezpečnostní předpisy během stříhání:	22
3.2 ŘEZÁNÍ	22
3.2.1 Řezání plamenem	22
3.2.2 Postup při řezání plamenem	22
3.3 RUČNÍ ŘEZÁNÍ	23
3.3.1 Základní pravidla ručního řezání:	23
3.3.2 Dělení roztečí hrubosti zubů:	24
3.4 STROJNÍ ŘEZÁNÍ:	25
3.4.1 Strojní rámové pily	25
3.4.2 Kotoučové pily	25
3.4.3 Strojní pásové pily	26
3.5 VRTÁNÍ	27
3.5.1 Materiály šroubovitých vrtáků	28
3.6 SOUSTRUŽENÍ	30
3.6.1 Mezi hlavní části soustruhu patří	30
3.6.2 Druhy soustruhů:	31
3.6.3 Druhy soustružení:	31
3.7 FRÉZOVÁNÍ	32
3.7.1 Základní způsoby frézování rovinných ploch	33
3.7.2 U frézy rozlišujeme tyto druhy úhlů:	35
3.8 TVÁŘENÍ	35

3.8.1	Mezi tvarování patří:	35
3.8.2	Tváření za studena.....	36
3.8.3	Tváření za tepla	36
3.9	VÁLCOVÁNÍ.....	37
3.9.1	Podélné válcování.....	38
3.9.2	Příčné válcování.....	38
3.9.3	Válcovací stolice	39
3.10	KOVÁNÍ.....	40
3.10.1	Volné kování	40
3.10.2	Zápusťkové kování.....	40
3.11	SLÉVÁNÍ	41
3.11.1	Materiály vhodné k odlévání:	42
3.11.2	Časté příklady výrobků:	42
3.12	SLÉVÁNÍ DO PÍSKOVÝCH FOREM	42
3.12.1	Formovací rámy	44
3.12.2	Formovací materiály	45
3.12.3	Modelové zařízení	45
3.12.4	Model.....	45
3.12.5	Materiály pro výrobu modelů.....	46
3.12.6	Šablony	46
3.12.7	Jádra	46
3.13	SLÉVÁNÍ METODOU VYTAVITELNÉHO MODELU.....	47
3.13.1	Nejčastější vady odlitků:	48
3.14	SVAŘOVÁNÍ	48
3.14.1	Svařování plamenem	52
3.14.2	Svařování elektrickým obloukem MMA	54
3.14.3	Svařování metodou MIG/MAG	55
3.14.4	Svařování metodou TIG	57
4	TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ OHÝBÁNÍM.....	59
4.1.1	Druhy ohýbání	59
4.1.2	Ohýbání do tvaru V	60
5	NÁVRH VLASTNÍHO ZAŘÍZENÍ OHÝBAČKA	61
6	NÁVRH A POPIS REALIZOVANÝCH VÝROBKŮ.....	62
6.1.1	Bezpečnost práce.....	64
7	ZÁVĚR.....	66
8	RESUMÉ	67
9	SUMMARY	68
10	SEZNAM LITERATURY	69
11	SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ.....	70
12	PŘÍLOHY	I

Úvod

Zadáním této diplomové práce je teorie tváření materiálu a praktické vytvoření vlastního ohýbacího nástroje, který bude sloužit jako pomůcka k vyučování tváření materiálů za studena. Žáci se setkají s tímto nástrojem v rámci výuky technických činností v 9. ročníku.

V první části diplomové práce se zaměříme na rámcový vzdělávací plán. Následně se podíváme na konkrétní školní vzdělávací plán, který vychází z RVP. V obou těchto dokumentech budeme hledat pojmy související se zaměřením této diplomové práce.

Ve druhé kapitole se věnujeme historii jednotlivých technologií.

Třetí kapitola bude věnována klasifikaci technologií. Nejprve se seznámíme se základy obrábění, tváření, slévání a svařování. Z každé kategorie vybereme nejvýznamnější zástupce.

Ve čtvrté kapitole se zabýváme tvářením za studena, ohýbáním. Analyzujeme druhy a výpočtový vzorec ohýbání do V.

V páté kapitole se podíváme na návrh vlastního ohýbacího zařízení. Toto zařízení bylo vyrobeno v mojí dílně. Konstrukci jsem připravoval a předcházelo několik náčrtků. Udělal jsem i určité nutné změny během výroby. V přílohách přikládám kompletní výkresovou dokumentaci v programu AUTOCAD.

Šestá kapitola znázorňuje možnosti využití ohýbacího zařízení. Zatím jsme zařízení používali jen k oplechování střech jednotlivých druhů krmítek, do budoucna plánuji širší využití. Zmíněna je také nezbytná bezpečnost práce.

1 RÁMCOVÝ VZDĚLÁVACÍ PLÁN

Rámcový vzdělávací program (RVP) je nejvyšším vzdělávacím dokumentem, podle kterého se vyučuje na základních školách v České republice, proto jsem si jej vybral jako první dokument k nastudování, abych zjistil, jestli se zde pojem tváření vyskytuje. Tento text udává nejen rozsah výuky, ale také v jakém ročníku se učivo probírá.

1.1 ČLOVĚK A SVĚT PRÁCE

Nejprve jsem se podíval obecně na RVP. Na 1. stupni je tento tematický celek rozdělen na čtyři okruhy:

- práce s drobným materiálem,
- konstrukční činnosti,
- pěstitelské práce,
- příprava pokrmů, které jsou pro školu povinné.

Na 2. stupni je rozdělení na celkem osm tematických okruhů:

- práce s technickými materiály,
- design a konstruování,
- pěstitelské práce a chovatelství,
- provoz a údržba domácnosti,
- příprava pokrmů,
- práce s laboratorní technikou,
- využití digitálních technologií,
- svět práce.

Na 2. stupni však tematické okruhy tvoří nabídku, z níž tematický okruh Svět práce je povinný, a z ostatních školy vybírají na základě svých podmínek a pedagogických záměrů minimálně jeden další okruh. Vybrané tematické okruhy je nutné realizovat v plném rozsahu.

Pojem tváření jsem hledal ve vzdělávací oblasti Člověk a svět práce. Žáci jsou seznamováni s touto vzdělávací oblastí již na prvním stupni a pokračují na druhém stupni.

Osobně bych oblast tváření zařadil na druhý stupeň a po prostudování rámcového vzdělávacího programu je zřejmé, že tváření může být obsaženo hned ve třech tematických okruzích:

- práce s technickými materiály,
- práce s drobným materiálem,
- design a konstruování.

1.1.1 PRÁCE S TECHNICKÝMI MATERIÁLY

Očekávané výstupy žáků na druhém stupni:

- Provádí jednoduché práce s technickými materiály a dodržuje technologickou kázeň.
- Řeší jednoduché technické úkoly s vhodným výběrem materiálů, pracovních nástrojů a nářadí.
- Organizuje a plánuje svoji pracovní činnost.
- Užívá technickou dokumentaci, připraví si vlastní jednoduchý náčrt výrobku.
- Dodržuje obecné zásady bezpečnosti a hygieny při práci i zásady bezpečnosti.

Učivo:

- vlastnosti materiálu, užití v praxi (dřevo, kov, plasty, kompozity),
- pracovní pomůcky, nářadí a nástroje pro ruční opracování,
- jednoduché pracovní operace a postupy,
- organizace práce, důležité technologické postupy,
- technické náčrty a výkresy, technické informace, návody,
- úloha techniky v životě člověka, zneužití techniky, technika a životní prostředí, technika a volný čas, tradice a řemesla.

1.1.2 PRÁCE S DROBNÝM MATERIÁLEM

Očekávané výstupy žáků na druhém stupni:

- vytváří přiměřenými pracovními operacemi a postupy na základě své představivosti různé výrobky z daného materiálu,
- využívá při tvořivých činnostech s různým materiálem prvky lidových tradic,
- volí vhodné pracovní pomůcky, nástroje a náčiní vzhledem k použitému materiálu,
- udržuje pořádek na pracovním místě a dodržuje zásady hygieny a bezpečnosti práce; poskytne první pomoc při úrazu.

Učivo:

- vlastnosti materiálu (přírodniny, modelovací hmota, papír a karton, textil, drát, fólie aj.),
- pracovní pomůcky a nástroje – funkce a využití,
- jednoduché pracovní operace a postupy, organizace práce,
- lidové zvyky, tradice, řemesla.

1.1.3 DESIGN A KONSTRUOVÁNÍ:

- sestaví podle návodu, náčrtu, plánu, jednoduchého programu daný model,
- navrhne a sestaví jednoduché konstrukční prvky a ověří a porovná jejich funkčnost, nosnost, stabilitu aj.,
- provádí montáž, demontáž a údržbu jednoduchých předmětů a zařízení,
- dodržuje zásady bezpečnosti a hygieny práce a bezpečnostní předpisy; poskytne první pomoc při úrazu.

Učivo:

- stavebnice (konstrukční, elektrotechnické, elektronické), sestavování modelů, tvorba konstrukčních prvků, montáž a demontáž,
- návod, předloha, náčrt, plán, schéma, jednoduchý program.

1.2 ŠKOLNÍ VZDĚLÁVACÍ PLÁN NA ZŠ DOMAŽLICE, KOMENSKÉHO 17

Vzdělávací oblast Člověk a svět práce postihuje široké spektrum pracovních činností a technologií a vzhledem k zázemí školy jsou vybrány tyto tematické okruhy:

- 6. ročník: pěstitelské práce a chovatelství,
- 7. ročník: práce s technickými materiály,
- 9. ročník: svět práce, provoz a údržba domácnosti.

Nyní bych se zaměřil na školní vzdělávací plán základní školy, na které jsem zaměstnán od roku 2009. Na této škole vyučuji informatiku, pracovní a technické činnosti a tělesnou výchovu. Výuka pracovních činností ve školních dílnách probíhá od sedmého ročníku. Během tohoto roku jsou žáci seznámeni nejprve s bezpečností práce a poté postupně pracují s technickými materiály – dřevo, kov a plast. Dále žáci v osmém a devátém ročníku navštěvují pracoviště dílen v rámci volitelného předmětu technické činnosti. Pracovní činnosti v devátém ročníku jsou více zaměřeny na teoretickou část, ale i přesto žáci chodí občas do školní dílny.

Výuka technických činností je obohacena přínosnými projekty Středního odborného učiliště v Domažlicích. Žáci jsou během několika dvouhodinových bloků vzdělávání pod vedením odborných mistrů zaměřených na práci s kovem. Zde mají žáci možnost pracovat nejprve v zámečnické dílně, robotické dílně, s pneumatickým zařízením a dále s klasickými stroji jako je soustruh, frézka a CNC stroje.

V dnešní době se na mnoha školách vyučuje podle učebnice: Práce s technickými materiály, (Fortuna, 2001) a stejně tak je tomu i na naší základní škole.

1.3 ČLOVĚK A SVĚT PRÁCE DLE ŠVP NA ZŠ DOMAŽLICE, KOMENSKÉHO 17

1.3.1 PRACOVNÍ ČINNOSTI 7. ROČNÍK

Očekávané výstupy žáků při práci s technickými materiály:

- Je seznámen s řádem učebny, s bezpečností a hygienou práce.
- Zná zásady poskytnutí první pomoci při úrazu.
- Načrtne jednoduchý náčrtek výrobku.

- Umí číst technický výkres a stanovit postup práce.
- Zvládá základní postupy při opracování dřeva, kovů a plastických hmot, měření, orýsování, řezání, broušení a vrtání.
- Zvolí a použije vhodné pracovní nástroje a nářadí.

Učivo:

- organizace a bezpečnost práce,
- vlastnosti materiálu, užití v praxi (dřevo, plast, kov),
- úloha techniky v životě člověka, zneužití techniky, technika a životní prostředí,
- technické náčrty, výkresy a technické informace,
- pracovní postupy a zhotovení výrobků,
- pracovní pomůcky, nářadí a nástroje,
- těžba surovin, výroba surového železa a oceli,
- um. hmoty, výroba, vlastnosti, tvarování plastů, recyklace.

1.3.2 PRACOVNÍ ČINNOSTI 9. ROČNÍK**Očekávané výstupy žáků při práci s technickými materiály:**

- Orientuje se v pracovních činnostech vybraných oblastí.
- Posoudí své možnosti v oblasti profesní orientace při volbě vhodného.
- Vzdělávání, povolání a profesní přípravy.
- Prokáže v modelových situacích prezentaci své osoby při vstupu na trh práce.

Učivo:

- možnosti vzdělávání, náplň učebních studijních oborů,
- zaměstnání, způsoby hledání, informační a poradenská střediska, nezaměstnanost a úřady práce, rekvalifikace.

1.3.3 TECHNICKÉ ČINNOSTI 8. ROČNÍK

Očekávané výstupy žáků při práci s technickými materiály:

- Je seznámen s řádem učebny, s bezpečností práce a hygienou, zná zásady poskytnutí první pomoci při úrazu.
- Umí pracovat s materiály nahrazujícími dřevo – dřevotříska, hobra.
- Pracuje samostatně podle technického výkresu.
- Rozezná ocel a barevné kovy.
- Poznává plastické hmoty a určí nejběžněji používané.
- Volí správné pracovní operace a nářadí.

Učivo:

- organizace a bezpečnost práce,
- hospodaření s dřevní hmotou, zpracování dřeva, výroba desek,
- technické zobrazování,
- výroba železa, šetření surovin,
- výroba plastických hmot, rozdělení,
- nástroje, nářadí na ruční zpracování dřeva, kovu a plastických hmot.

1.3.4 TECHNICKÉ ČINNOSTI 9. ROČNÍK

Očekávané výstupy žáků při práci s technickými materiály:

- Je seznámen s řádem učebny, s bezpečností práce a hygienou, zná zásady poskytnutí první pomoci při úrazu.
- Umí pracovat s čepovkou a ocaskou, dlátem, provede rozebíratelné spojení.
- Umí ohoblovat hranu prkna.
- Zvolí povrchovou úpravu.
- Ví, co je měkké pájení.

Učivo:

- organizace a bezpečnost práce,
- pevné a rozebíratelné spojování dřeva, plátování a čepování hoblování, druhy hoblíků, upínání materiálu do hoblice,
- povrchová úprava mořením a lakováním,
- pájení pozinkovaného a černého plechu a drátu.

1.4 SHRNU TÍ

Po prostudování školního vzdělávacího programu, který vychází z rámcového vzdělávacího programu, jsem dospěl k několika závěrům. Nejprve musím říci, že RVP je hodně obecně psán a každá konkrétní škola si musí přesně stanovit obsah své výuky. Dalším faktorem ovlivňujícím výuku technických předmětů může být zázemí školních dílen, zapojení vyučujících a náklonnost vedení školy.

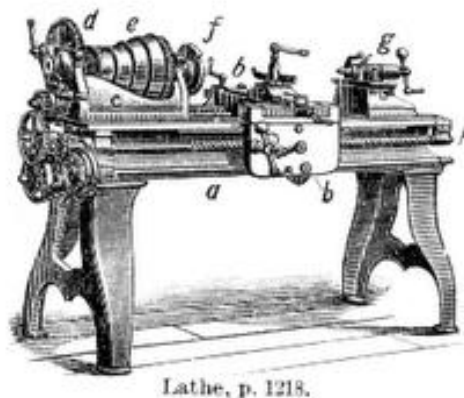
Úroveň praktických technických činností bych hodnotil na naší škole velmi dobře a to jak s ohledem na kvalitu výuky, tak zázemím školy a navíc je obohacena výukou na středním odborném učilišti.

Podle školního vzdělávacího plánu a také ze své zkušenosti musím konstatovat, že s tvářením se žáci setkávají nejen v pracovních činnostech, ale hlavně v technických činnostech, v rámci kterých se dostávají přímo do praxe pod vedením mistrů.

2 HISTORIE

2.1 HISTORIE OBRÁBĚNÍ

Obrábění má základy v historii, kdy člověk začal opracovávat kameny do vhodných tvarů. Přitom používal různých nástrojů, které postupem času zdokonaloval. Při obrábění bylo k dosažení určitého tvaru nutné vést nástroj silou po požadované dráze. Zpočátku tuto činnost člověk vykonával vlastní silou pouze rukama. Obráběcí stroje začaly vznikat, když se člověk pokusil nahradit činnost rukou určitým mechanismem. Už ve starověku se začaly objevovat vrtačky, které byly poháněny těživou luku, a také soustruhy na dřevo, které se vyvinuly z hrnčířských kruhů, tedy se svislou osou otáčení obrobku. Obrobek se roztáčel nohama a nástroj byl držen v rukách. Teprve později vznikl šlapací soustruh s vodorovnou osou otáčení vřetena a s podepřením nástroje. Tyto milníky v historii obrábění se udály již před Kristem a vývoj v této oblasti pak dlouhou dobu stagnoval. Až Leonardo da Vinci posunul hranice lidských schopností o kus dál tím, že použil u obráběcích strojů prizmatické vedení. To se událo přibližně v 16. století a byl to opět na dlouhou dobu jediný významný posun vpřed. Podstatná část vývoje se udála v době průmyslové revoluce probíhající v 18. a 19. století, ve století 20. pak došlo k jeho výraznému zrychlení. Rozdílem bylo, že do 18. století bylo převažujícím obráběným



Obrázek 1

materiálem dřevo. Do 19. století se obrábění kovů omezovalo převážně jen na kovářské práce. To se změnilo s příchodem mechanických pohonů, jako byl nejdříve parní stroj a později elektromotor. V této době se užívalo k přenosu energie transmisí přes hřídele, řemenice a řemeny z centrální pohonné jednotky po celé délce dílny. Novinkou bylo dokonce pomocí soustruhů soustružit i závit. To bylo umožněno vynálezem křížového

suportu, což bylo obrovským krokem vpřed, jelikož už nebylo nutné nástroje držet v ruce, ale pomocí držáku byl nástroj bezpečně upnut. V průběhu 19. století došlo v Evropě a Americe k bouřlivému rozvoji výroby a strojového parku. Jak už bývá zvykem, tak za největší technické pokroky v dějinách může téměř vždy zbrojní průmysl. Výrobci zbraní konstruovali stroje exaktně podle vlastních potřeb a zavedením standardizovaných rozměrů a vyměnitelných náhradních dílů tak položili základní kámen pro hromadnou výrobu. Byl zaveden revolverový systém u soustruhů z důvodů rychlé výměny nástrojů a rovněž se rozšířily automatické závitové stroje. 20. století se neslo v duchu zvyšování výkonů a zkracování pracovních časů. Soustruhy se začaly pohánět svými vlastními elektromotory namísto kožených řemenů vedených z centrální hřídele. Velké pokroky se děly na poli řezných materiálů, které od uhlíkových ocelí a Mushetovu ocel přes rychlořezné oceli dospěly k slinutým karbidům, které si svoji pozici v inovované podobě drží dodnes. SK byly vynalezeny v Německu ve 20. letech a umožnily výrazně zkrátit výrobní časy. Soustružnická operace, která noži z uhlíkové oceli trvala v 19. století 100 minut, nyní zabrala destičce se slinutým karbidem pouhých 6 minut. Postupem času byl klasický soustruh zdokonalován mnoha doplňky, které zajišťovaly vyšší výkon a přesnost. Pomalu se začal automatizovat, aby se omezila zmetkovitost zapříčiněná lidským faktorem. Předchůdcem dnešních CNC strojů bylo ovládání stroje pomocí děrného pásku, magnetického pásku a podobně. Tento typ řízení však záhy vystřídal systém CNC (Computer Numeric Control). Základem je malý počítač, který celý stroj řídí. Dá se říct, že v dnešní době stroje ovládané počítačem si drží zdaleka nejsilnější pozici na trhu a stroje spoléhající se na lidskou obsluhu jsou už jen okrajovou, avšak ne nepodstatnou záležitostí.

2.2 HISTORIE TVÁŘENÍ

Technologie tváření kovů lidstvo zná nejméně 4 000 let. Dnes je velký problém určit, který kov začalo lidstvo využívat jako první. S jistotou lze říct, že již od úsvitu lidských dějin lidé využívali ty kovy, které bylo možno nalézt v ryzí formě, jako jsou zlato, stříbro, měď a železo. Výrazným pokrokem ve zpracování kovů bylo zvládnutí jejich výroby z rudy. 3 000 let před naším letopočtem začala v Malé Asii a v Egyptě doba bronzová a do 2 000 let př. n. l. se rozšířila do celého Středomoří a do jižní Evropy. O 300 let později dorazila tato technologie i do oblastí střední Evropy. Úžasnou technickou úroveň a zároveň

umělecké dovednosti soudobých tvůrců dokumentují mnohé nalezené archeologické památky.



Obrázek 2

2.3 HISTORIE SLÉVÁNÍ

Slévárství je jednou z nejstarších metod výroby předmětů, jeho historie sahá minimálně do 3. tisíciletí před naším letopočtem. Za starší by se dalo označit snad jen obrábění, neboť už před miliónem let si pravěký člověk dokázal vyrobit pěstní klíny otloukáním vhodných kamenů o sebe. U vzniku slévárství stála potřeba lidí vyrábět nejprve různé kultovní předměty, sloužící k uctívání bohů, později se k potřebám náboženským přidaly i ty kulturní a vojenské. Nicméně převážnou většinu odlitků vzniklých do začátku 20. století můžeme označit jako umělecké, byť měly i jiný účel než okrasný (např. zdobené nástroje, zbraně, zvony, hlavně děl či sošky božstev). Z tohoto důvodu je téma výroby uměleckých odlitků velmi obsáhlé, protože zahrnuje v podstatě všechny slévárenské technologie.

První doložené nálezy odlévaných výrobků jsou datovány do třetího tisíciletí př. n. l., z čehož plyne, že slévárenská technologie už je lidstvem využívána minimálně pět tisíc let, ale spíše více, což dokládají ojedinělé nálezy z oblasti dnešního Thajska, které jsou datovány až do 4. - 5. tisíciletí př. n. l.

Nejstarším a zároveň nejprimitivnějším způsobem odlévání bylo prosté vtláčování modelu či duplikovaného předmětu do mokré hlíny nebo písku a následné odlévání přímo do dutiny formy nebo do jednoduché licí jamky spojení s formou kanálkem. Model mohl být z nejrůznějších materiálů, ale převládalo dřevo a hlína. O něco složitější byly dvojdílné

formy, jejichž dvě části do sebe relativně přesně zapadaly díky tzv. zámkům - na jedné části formy byly díry, na druhé do nich zapadající výčnělky.



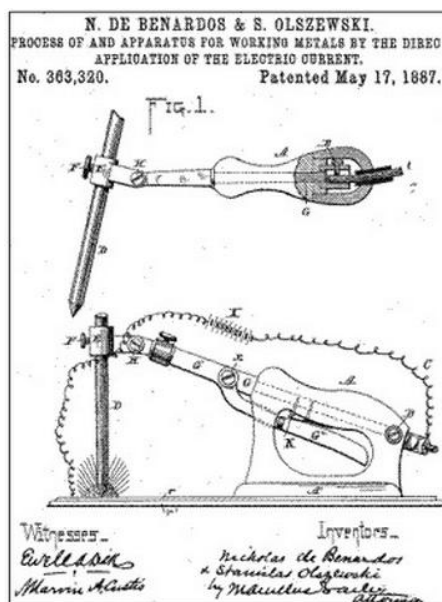
Obrázek 3

Z oblasti Blízkého východu, kolébky civilizací, se veškeré umění a technologie šířily postupně dále do světa, převážně tedy do Evropy a jiných oblastí přiléhajících ke Středozevnímu moři. Tento přenos vědomostí však probíhal v dobách starověku velmi pozvolna, a proto se na našem území můžeme setkat s prvními doloženými nálezy odlitků až kolem poloviny druhého tisíciletí př. n. l. Doba bronzová je ve střední Evropě datována od 19. do 8. stol. př. n. l., kdy začaly v blízkosti nalezišť bronzové rudy vznikat první osady, které se její tavbou a následným zpracováním zabývaly. Do jednoduchých kamenných forem se v té době odlévaly hlavně různé nástroje (sekery, nože,...), ale mezi nálezy je i velká řada uměleckých předmětů jako šperky (spony, náramky, ...) a to nejen z bronzu, nýbrž i z jiných drahých kovů. Archeologické nálezy svědčí o vysoké úrovni slévárenství na našem území. Byl zde dokonce učiněn v Evropě ojedinělý nález kusu hliněné formy dokládající znalost technologie odlévání na vytavitelný model, která v té době jinde v Evropě ještě známá nebyla. Pozdní dobu bronzovou vystřídalo období halštatské, které představuje již starší dobu železnou. Ačkoliv došlo k velkému rozvoji v oblasti zpracování železa, tak ze slévárenského hlediska je toto období zajímavější spíše svými bronzovými odlitky, které se ve větší míře začaly vyrábět metodou vytavitelného modelu. Dokladem toho je nález býčka a jiných bronzových odlitků na moravském nalezišti Býčí skála.

2.4 HISTORIE SVAŘOVÁNÍ

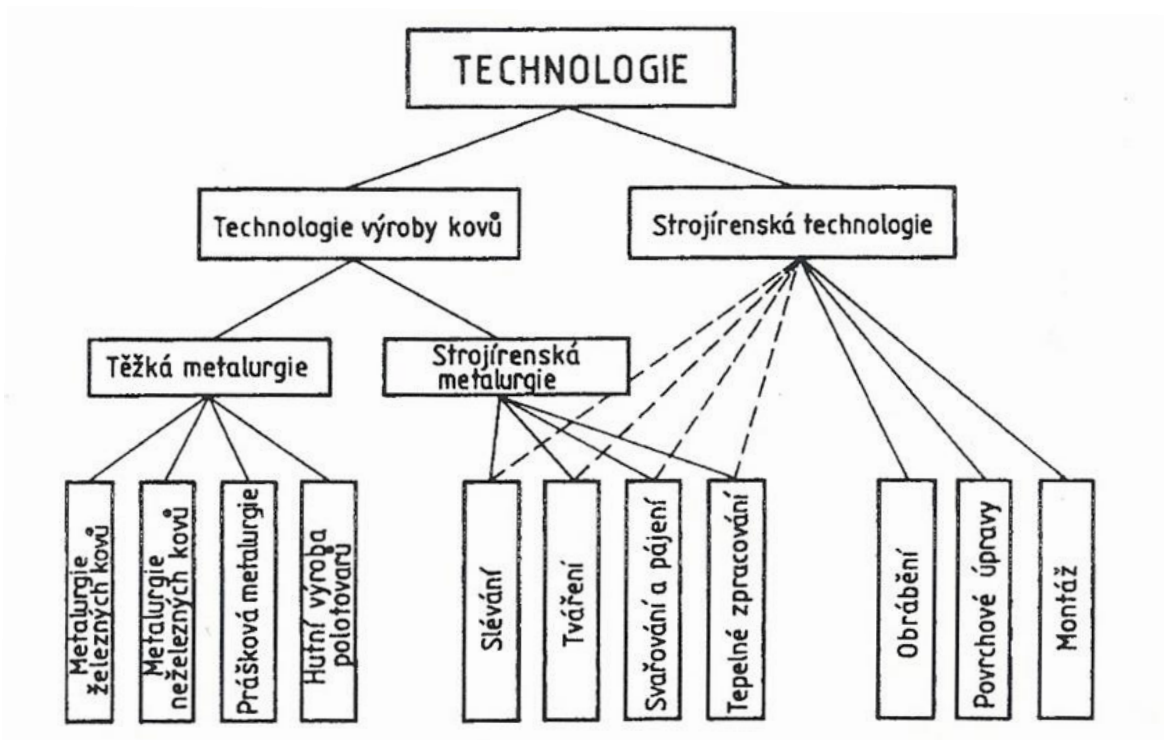
První zmínky o svařování jsou z doby bronzové. V následující době železné se Egypťané a lidé východního Středomoří naučili svařovat železo. Bylo nalezeno množství

takto vyrobených nástrojů, které pocházejí z doby kolem roku 1000 př. n. l. Ve středověku, kdy se více rozvinulo kovářství, bylo vyrobeno mnoho předmětů tzv. kovářským svařováním, kdy se oba spojované předměty rozžhaví a skovají dohromady. Svařování, tak jak je známe dnes, bylo objeveno až v 18. století. Nejprve se jednalo o svařování a řezání plynem. To bylo podmíněno objevem acetylenu v roce 1836. Svařování elektrickým obloukem bylo podmíněno vynálezem elektrického generátoru. Na konci 19. století se používalo svařování uhlíkovými elektrodami. Zároveň se objevila možnost svařování pod vodou. Na počátku 20. století byla vynalezena elektroda podobná té dnešní. Krátké tyčky se namáčely ve směsi oxidů a křemičitanů a později se vysušily. Mezitím bylo objeveno odporové svařování: bodové, švové, výstupkové a svařování na tupo. V této době se zdokonalilo svařování a řezání plynem. To bylo podmíněno zlepšením svařovacího hořáku. V roce 1920 bylo představeno automatické svařování. Používalo se k navařování opotřebovaných hřídelí motorů, k navařování opotřebovaných kol jeřábů a v automobilovém průmyslu. K významnému objevu došlo v roce 1953, kdy byly použity ocelové elektrody v atmosféře CO_2 . Následovalo vylepšení ve formě plazmového svařování, svařování elektronovým paprskem ve vakuu, svařování ultrazvukem a laserem.



Obrázek 4

3 KLASIFIKACE TECHNOLOGIÍ



Obrázek 5

V této kapitole se budu věnovat klasifikaci následujících technologií:

- obrábění,
- tváření,
- slévání,
- svařování.

3.1 OBRÁBĚNÍ

Základem jsou kovové materiály, které jsou dodávány v polotovarech. Z polotovarů se vyrábí různými technologiemi či dalšími postupy jako součásti k další montáži nebo přímé potřebě. Při obrábění dochází k odebrání přebytečného materiálu. Tyto operace probíhají ručně nebo strojně, třískovým, či beztřískovým obráběním. Mezi tyto výrobní postupy řadíme:

- stříhání,
- řezání (třískové a kyslíkem),
- vrtání,
- soustružení,
- frézování,
- ohýbání,
- sekání,
- pilování,
- řezání závitů,
- vyhrubování,
- vystružování,
- zahlubování,
- broušení.

3.1.1 DĚLENÍ MATERIÁLU

Běžné způsoby dělení materiálu jsou:

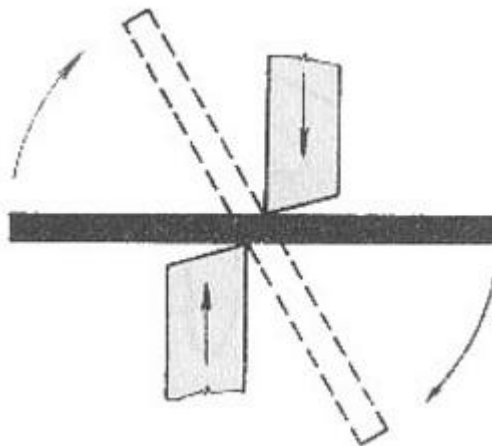
- stříhání,
- sekání,
- řezání plamenem.

3.1.2 STŘÍHÁNÍ

Při stříhání nůzkami je materiál svírán dvěma podélnými ostrými břity, přičemž dochází k jeho oddělování. Můžeme přitom pozorovat tři hlavní fáze:

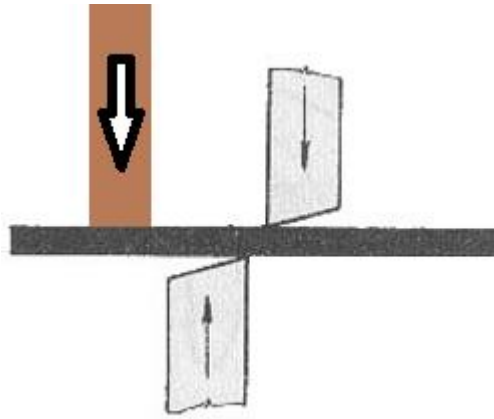
- nasekávání,
- vlastní stříhání,
- trhání.

Postup při stříhání viz obrázek. Břity mají tvar obráběcích nástrojů, vyvíjí tlak na materiál a mají své úhly. Ty se pohybují v rozmezí 75° až 90°. Aby se břity netřely o plochu, mají úhel podbroušení hřbetu zhruba 2°. Velikost vynaložené síly na stříhání snižuje střížný úhel břitu, protože břity působí jako dva klíny, tlačící proti sobě.



Obrázek 6

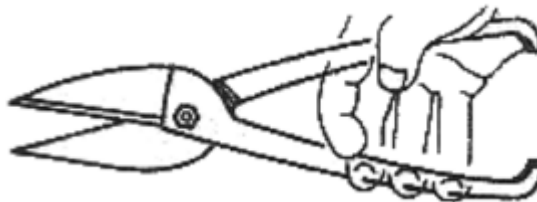
Vůle mezi břity 1/10 až 1/20 tloušťky materiálu slouží k tomu, aby se pracovní části nástroje navzájem nepoškozovaly. Příliš velká vůle je také nevhodná, protože by mohlo docházet ke kroucení materiálu mezi břity nůžek, docházelo by nejen ke smýkání materiálu, ale také k poškozování břitů. Při stříhání vznikají síly, které mají snahu materiál otáčet, proto je na některých typech strojů nezbytný tzv. přidržovač.



Obrázek 7

3.1.3 STŘIHÁNÍ RUČNÍMI NŮŽKAMI

Břity nůžek tlačí proti sobě přes kloub páky, čím jsou páky delší, tím větší síla působí na materiál při stříhání. Nejvýhodnější úhel rozevření břitu nůžek je 14° . Je-li tento úhel větší, klouže materiál z nůžek, naopak je-li úhel příliš malý, je potřeba na stříhání větší síla. Větší síla je potřeba také v případě, kdy ruční nůžky překonaly poloviny své střížné délky a dostřihují zbytkem délky svých břitů.



Obrázek 8

U pákových nůžek je velikost síly na stříhání materiálu stále stejná po celou dobu operace.

3.1.4 DRUHY RUČNÍCH NŮŽEK:

- Ruční nůžky se používají k dělení tenkých plechů až do tloušťky materiálu 1,5 mm. Výběr nůžek závisí na požadovaném druhu stříhání.
- Rovné ruční nůžky se používají pro rovné a málo zakřivené a krátké stříhání.
- Nůžky s držadly vyhnutými nahoru slouží ke stříhání dlouhých rovných kusů, jako jsou tabule plechu.

- Nůžky na otvory (vystřihovací) mají nože zahnuté do oblouku k vystřihování vnitřních tvarů.
- Tvarové (vystřihovací) nůžky mají štíhlé řezné břity, aby se mohly vystřihovat libovolné tvary.
- Levé rovné nůžky.
- Právě rovné nůžky.
- Nůžky na otvory (vystřihovací).
- Nůžky s držadly vyhnutými nahoru.

Existují ruční elektrické nůžky na plech, které pohání elektromotor. Ten pohybuje pomocí výstředníku horním řezacím nožem velkou frekvencí zdvihů. Podle velikosti a tvaru nůžek můžeme provádět rovné a zakřivené stříhy. Lze s nimi stříhat také trubky a ohnuté plechové tvarovky.

3.1.5 STŘIHÁNÍ POMOCÍ PÁKOVÝCH, TABULOVÝCH A STROJNÍCH NŮŽEK

Podle způsobu pohonu rozdělujeme strojní nůžky:

- ruční,
- mechanické,
- hydraulické.

Pákové nůžky mají spodní nůž uchycený pevně v rámu a horní pohyblivý nůž je spojený mechanismem s dlouhou pákou. Vzpříčení plechu se zabrání přidržovačem nastaveným na konkrétní tloušťku plechu. Ostří horního nože je ve tvaru oblouku, aby nůž v každém místě stříhu pracoval po celou dobu pod stejným úhlem a pracovní síla se neměnila. Síla potřebná na stříh se přenáší buď pomocí pákových mechanismů, nebo pomocí ozubených kol.



Obrázek 9

Na velké tabule plechu existují tabulové nůžky, slouží ke stříhání plechů do tloušťky 2 mm. Kruhové a křivkové nůžky se používají k vystřihování různých nepravidelných částí kruhů a křivek. Při stříhání je plech většinou veden rukou podle orýsování. Velké strojní nůžky na dlouhé a silné tabule plechů pracují většinou na hydraulický pohon.



Obrázek 10

3.1.6 BEZPEČNOSTNÍ PŘEDPISY BĚHEM STŘIHÁNÍ:

- Plechy nosíme pouze v rukavicích.
- Stříháme pouze sílu materiálu, pro který jsou nůžky určeny.
- Rameno nůžek nesmí být ničím nastavováno.

Při stříhání používáme přidržovač, v případě, že je materiál příliš malý a nedosáhne na přidržovač, je nevhodné tento materiál stříhat.

3.2 ŘEZÁNÍ

3.2.1 ŘEZÁNÍ PLAMENEM

Tento druh řezání je vhodný pro silnější materiály a tvarování, používá se převážně pro ocelové materiály a lze jej použít i pod vodou. Proces řezání spočívá v ohřátí kovu na teplotu jeho spalování pod proudem čistého kyslíku při teplotách pod bodem tavení, aniž by došlo k roztavení kovu.

Použit lze jen u materiálů s následujícími vlastnostmi:

- 1) Materiál zahřátý na zápalnou teplotu musí hořet pod proudem kyslíku.
- 2) Zápalná teplota E musí být nižší než bod tavení S materiálu, takže materiál dříve shoří, než se roztaví.
- 3) Bod tavení O oxidu materiálu (struska) musí být nižší než bod tavení S , aby se struska dala tlakem kyslíku vyfoukat.

3.2.2 POSTUP PŘI ŘEZÁNÍ PLAMENEM

K řezání slouží řezací hořák. Materiál určený k řezání se nejprve předeřívá plamenem acetylen - kyslík) na zápalnou teplotu řezaného materiálu (téměř bílý žár). Poté následuje přidání proudu čistého kyslíku s obsahem 99,5 % na předeřívání místo, což způsobí řezání materiálu. Během tohoto spalování vzniká teplo, které dále zahřívá místo řezu do větší hloubky materiálu na zápalnou teplotu a tak pokračuje proces hoření po celou tloušťku materiálu. Vzniklá struska se vyfouká proudem kyslíku na spodní straně obrobku.

Oblast využití:

Řezání nosníků, řezání součástí podle šablon, při vypalování děr do trubek, při řezání oceli ve šrotovnách.

3.3 RUČNÍ ŘEZÁNÍ

Při ručním řezání se nejčastěji používají rámové pily s vodorovnou rukojetí, nebo šikmým držadlem. Pro rozsáhlejší řezání existují elektrické ruční pily.

3.3.1 ZÁKLADNÍ PRAVIDLA RUČNÍHO ŘEZÁNÍ:

- 1) Řezání probíhá nejefektivněji tlakem od sebe, proto když držíme pilu za rukojeť, zuby směřují od rukojeti.
- 2) Obrobek musí být pevně upnut ve svěráku a řezání se děje co nejbližší k čelistem svěráku.
- 3) Řezání zahajujeme mírným náklonem pily, aby došlo k zaříznutí do materiálu, a poté řežeme vodorovně.
- 4) Ocel, tvrdé nebo tenkostěnné materiály řežeme pomalejší rychlostí, protože tím šetříme zuby pilového listu.
- 5) Ploché materiály řežeme pokud možno na plocho, kvůli přesnosti řezu.
- 6) Před dořezáváním materiálu musíme zpomalit a snížit tlak na pilu. Jinak hrozí poškození pily a vzniká nebezpečí úrazu.

Elektrické ruční pily mají v sobě elektromotor, který je pohání. Pilový list má své určení pro daný typ materiálu a je výměnný. S frekvencí rychlosti řezání platí stejná pravidla jako u ručních pil.

Používá se k oddělování materiálu či vyřezávání tvarů. Během řezání dochází k oddělování materiálu v podobě kovových pilin. Při přesném vedení pily může být dosaženo rovných a hladkých řezných ploch. Jde o co nejmenší ztráty na materiálu a také o vysokou přesnost. Pohyb může být buď přímý (rámové pily), nebo kruhový (kotoučové pily).

Pracovní částí každé pily je pilový list, který má své specifické určení. Obsahuje mnoho malých, za sebou uspořádaných zubů. Pro měkkí materiály se obecně používají pilové listy se zuby s ostrým úhlem vůči řezané rovině. Naopak na tvrdší materiály se používají zuby, které svírají s řeznou rovinou pravý úhel.

Rozteč zubů se u pilových listů bere vzhledem k délce 25 mm. Podle rozteče zubů na této délce hovoříme o jemných či hrubých pilových listech.

Pro správnou volbu rozteče zubů při řezání jsou důležité faktory:

- druh materiálu,
- tvrdost materiálu,
- druh řezu,
- řezná délka.

3.3.2 DĚLENÍ ROZTEČÍ HRUBOSTI ZUBŮ:

Jemná rozteč, 27 až 32 zubů, používá se pro velmi tvrdé materiály, pro řezání nástrojových ocelí.

Střední rozteč, 18 až 26 zubů, používá se pro středně tvrdé materiály, na konstrukční oceli, mosaz, měď a profily s tenčí tloušťkou stěn.

Hrubá rozteč, 14 až 17 zubů je vhodná pro měkké materiály, používá se na řezání hliníku, slitin lehkých kovů, plastické hmoty, lisované materiály.

Aby se zabránilo svírání pilového listu v materiálu a list se nedřel o stěny materiálu během řezání, musí si zuby vytvářet širší řeznou drážku, než je samotný pilový list. Toho lze dosáhnout několika způsoby:

- 1) Rozvodem zubů – zuby se jednotlivě nebo po párech střídavě vyklání doprava a doleva.
- 2) Zvlněním zubů pilového listu – řada zubů tvoří vlnovku.
- 3) Pěchováním ozubené strany pilového listu, aby se dosáhlo širšího ozubeného ostří, než je samotný pilový list.
- 4) Volným broušením pilového listu.

Pilové listy se zhotovují z houževnaté oceli a pro vyšší řezné výkony z rychlořezné oceli. Ozubení pilových listů může být jednostranné i oboustranné. Mezery mezi zuby se při výrobě sekají nebo frézují a jsou zakaleny. Zbytek pilového listu bývá měkký.

3.4 STROJNÍ ŘEZÁNÍ:

Do strojního řezání řadíme tři základní druhy pil, podle druhu, jaký řez provádí.

3.4.1 STROJNÍ RÁMOVÉ PILY

Pilový list je uchycen v pohyblivém rámu, kterému uděluje pohyb vačka či klikový hřídel. Řezání probíhá ve směru tlaku a při zpětném tahu je celé hybné rameno automaticky nadzvedáváno. Materiál je pevně upnut v čelistech svěraku pily.



Obrázek 11

3.4.2 Kotoučové pily

Řezání u tohoto typu pil provádí řezný kovový či nekovový kotouč. Ten se otáčí a je mechanicky nebo automaticky posouván směrem do materiálu, dokud nedokončí řez. Materiál je pevně upnut ve svěraku.



Obrázek 12

3.4.3 STROJNÍ PÁSOVÉ PILY

Při tomto typu řezání se pohybuje nekonečný pilový pás, který je veden přes dva kotouče, kterými je poháněn. Většina pil má automaticky volitelný posuv. Materiál je opět pevně upnut ve svěráku pily.



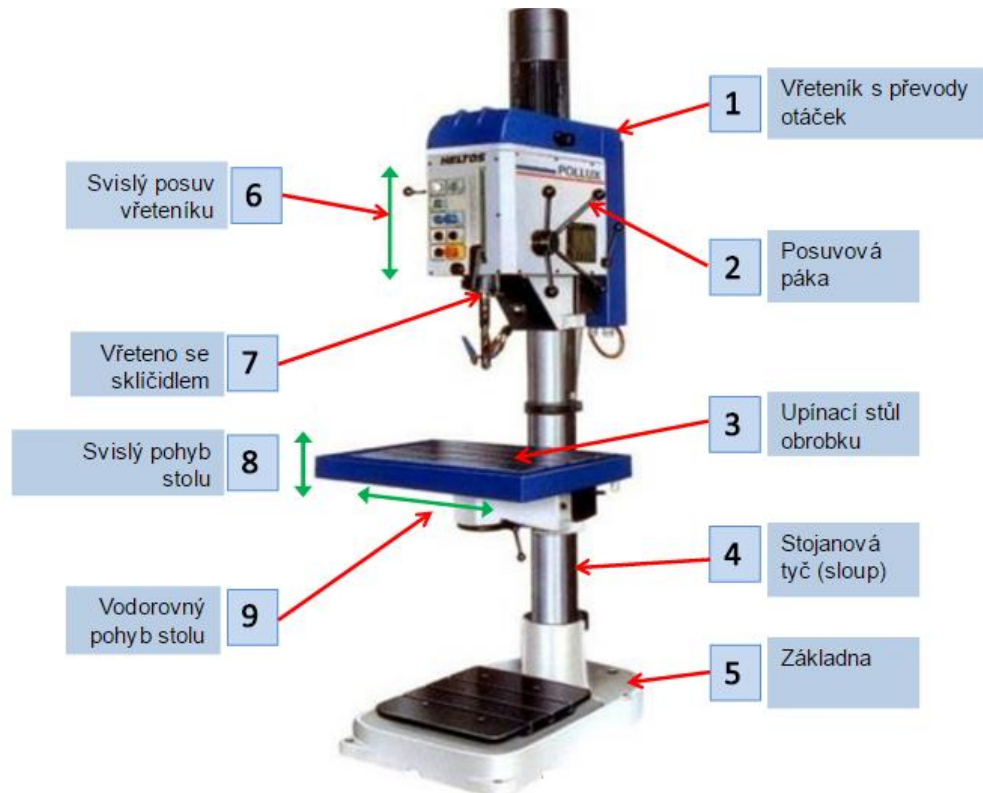
Obrázek 13

U těchto tří typů strojních pil se většinou používá chladicí emulze. Ta je přiváděna k místu, kde dochází k řezání, aby chladila a šetřila řezný nástroj a aby se méně opotřebovával.

3.5 VRTÁNÍ

Vrtání je třískové obrábění, při kterém vznikají otvory válcového tvaru. Nástrojem je vrták, který vykonává všechny řezné pohyby současně. Otáčí se kolem své osy a také se posouvá ve směru osy. Do oblasti vrtání zahrnujeme i zahlubování, vyhrubování a vystružování.

Strojní sloupová vrtačka a její hlavní části



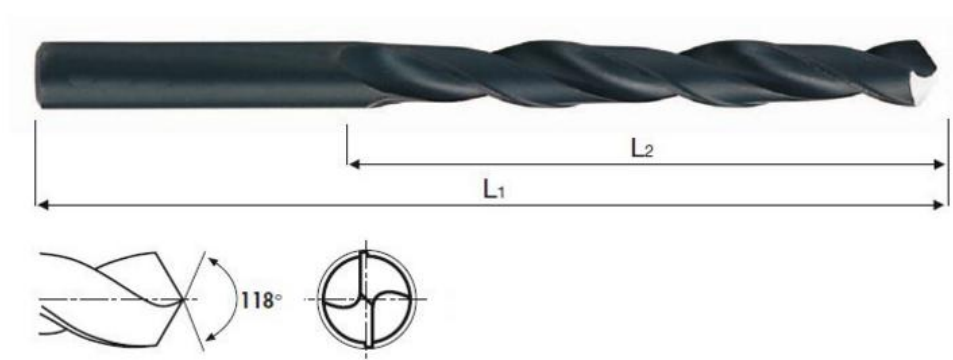
Obrázek 14

Vrtáky mají dva břity z nástrojové oceli ve tvaru kruhového průřezu. Pokud chceme mít přesný otvor, dokončíme tuto operaci pomocí výhrubníku a výstružníku. Nejčastěji se používá šroubovitý vrták, který má na pracovní části dvě drážky. Ty mají za úkol odvádět třísku vznikající při vrtání a také zajišťují přívod chladicí emulze. Fazetky mají vést vrták ve vrtaném otvoru. Jsou úzké, aby na stěnách vrtané díry nevznikalo velké tření. Čelní plochu vrtáku tvoří dvě hlavní ostří spojená příčným ostřím a vytváří hlavní břity. Při správném naostření tvoří každý břit přímku, abychom toho dosáhli, jsou kuželové plochy podbroušeny. Úhel čela nástroje je dán stoupáním šroubovice. Pro tvrdé materiály volíme vrtáky s menším úhlem čela a naopak. Vrcholový úhel (úhel špičky) je tvořen oběma hlavními břity. U vrtání rozlišujeme dva hlavní řezné pohyby a vedlejší posuvný pohyb.

Řezná rychlost a posuv určují pracovní výkon vrtáku. Existují tabulky, podle kterých se tyto hodnoty nastavují.

Řezná rychlost (v) udávaná v m/min je obvodová rychlost (dráha v metrech), kterou urazí bod na obvodu nástroje za minutu.

Posuv (s) je rozměr, o který se posune vrták do záběru v průběhu jedné otáčky.



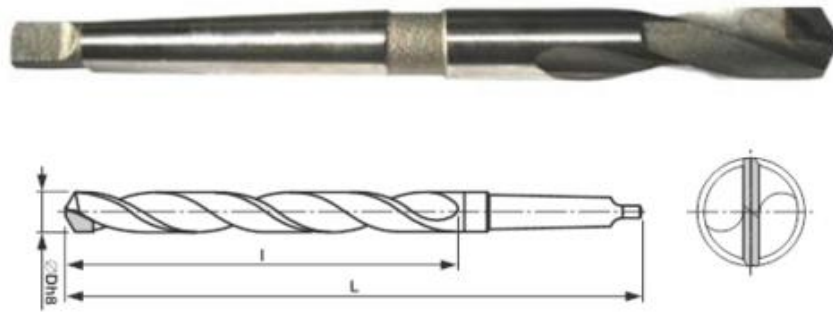
Obrázek 15

3.5.1 MATERIÁLY ŠROUBOVITÝCH VRTÁKŮ

Nejčastěji se používají vrtáky z rychlořezné oceli (RO) pro svou vysokou hospodárnost. Materiál je legovaný wolframem, chrómem, molybdenem, vanadem. Tyto vrtáky se používají pro sériovou výrobu a především z důvodu dlouhé životnosti, vysoké výkonnosti a vysoké řezné rychlosti. Teplota na břitu nástroje nesmí být vyšší než 600 °C.

Pro tvrdé materiály se používají vrtáky ze slinutých karbidů. Díky vysoké řezné rychlosti jsou vhodné pro houževnaté materiály, např. manganová kalená ocel, tvrzená litina, velmi tvrdá ocelolitina, sklo, mramor, beton, kámen. Stopka je vyrobena z oceli. Břitové destičky ze slinutého karbidu jsou pájeny tvrdou pájkou do drážky v hrotu vrtáku. Řezné teploty jsou únosné až do 900 °C. Tyto vrtáky jsou odolné a včasné ostření zvyšuje životnost slinutého karbidu.

Vrtáky s válcovým úchytem se vyrábějí až do průměru 16 mm. Větší průměry vrtáků se vyrábí s kuželovou stopkou. Kuželová stopka zajistí dokonalé držení nástroje ve vrtacím stroji. Kužel na vrtáku a na vrtačce musí mít velkou přesnost, proto jsou tyto kužely normalizovány a pojmenovány jako Morseovy kužely s danou stupnicí velikosti.



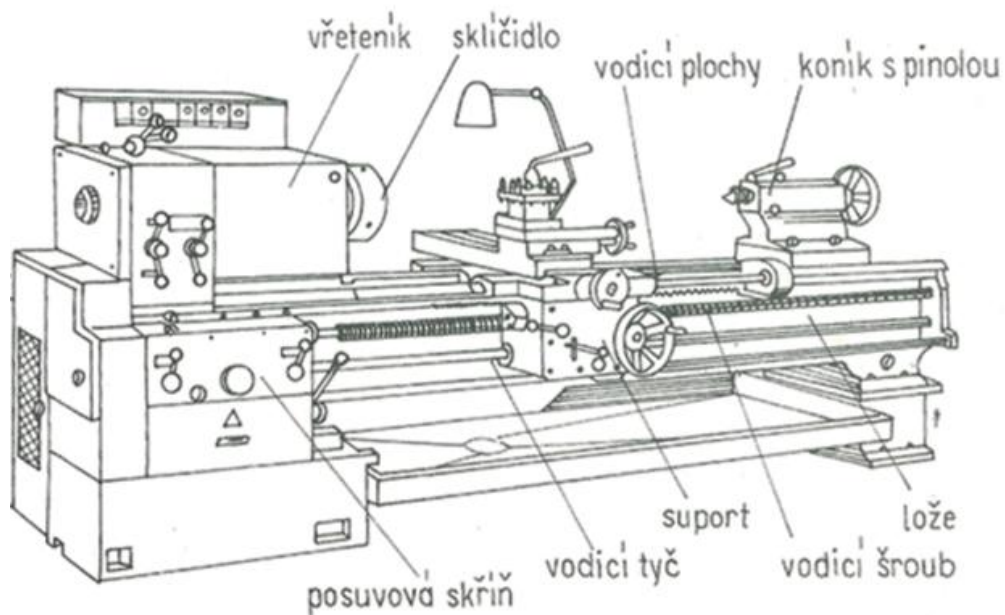
Obrázek 16

Vrtáky se během používání opotřebovávají, přičemž dochází k otupování břitů. Tyto břity lze naostřit broušením, které se provádí na nástrojové nebo stolní brusce v přípravku nebo ručně. Ke kontrole správného nabroušení existují měřicí šablony.

Správnému vrtání musí předcházet rozměření, pro označení přesného místa pro vrták se používá důlčík.

3.6 SOUSTRUŽENÍ

Soustružení je třískové obrábění řeznými nástroji, které odebírají z materiálu nepotřebné části v podobě třísky. Dochází k tomu většinou pomocí jednobřítých nástrojů pohybujících se rovnoběžně a kolmo k ose rotace obrábějí rotační plochy. Při soustružení lze obrábět vnější i vnitřní, či jinak zakřivené plochy.



Obrázek 17

Na soustruhu lze nejen soustružit materiál, ale také vrtat či řezat závit, vyvrtávat, kopírovat tvary podle šablony, za určitých podmínek lze frézovat i brousit. Řezný nástroj je ve většině případů pevně upevněn a pohybuje se jen díky posuvům, zatímco obrobek rotuje. Obrobek je nejčastěji tvořen kulatým materiálem, výkovkem či odlitkem.

Soustružení je nejčastěji rozšířený typ obrábění díky všestranné použitelnosti, přesnosti a efektivnosti.

3.6.1 MEZI HLAVNÍ ČÁSTI SOUSTRUHU PATŘÍ

- Vřeteník – v této části je na ložiskách uloženo vřeteno se sklíčidlem, do kterého se upíná obrobek. Aby bylo možné upnout dlouhé materiály, bývá vřeteno duté a je poháněno elektromotorem s převodovkou.
- Lože – základní nosná část soustruhu, na kterém jsou uloženy všechny ostatní části (vřeteník, suport, koník).

- Suport – umožňuje pohyb nástroje vůči obrobku v podélném a příčném směru.
- Koník – používá se k podepření dlouhých obrobků a pro vrtání osových děr. Lze do něj upnout osově nástroje jako je vrták, výhrubník a výstružník.

3.6.2 DRUHY SOUSTRUHŮ:

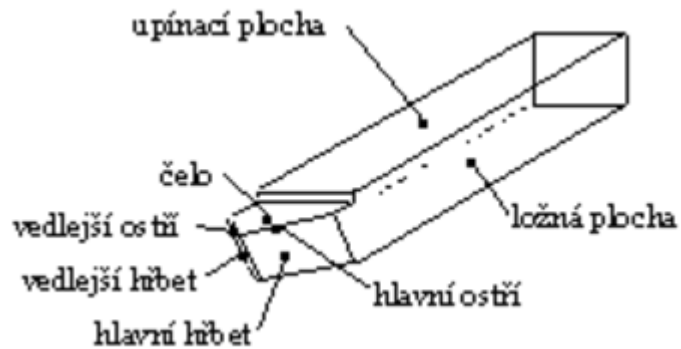
- Hrotové
- Čelní
- Svislé
- Revolverové
- Poloautomatické
- Automatické
- Číslicově řízené CNC stroje

3.6.3 DRUHY SOUSTRUŽENÍ:

Soustružení válcových ploch dělíme:

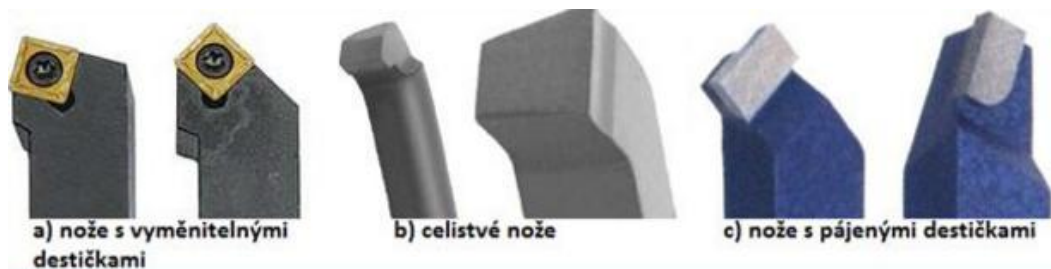
- Příčné soustružení – posuv se pohybuje kolmo k ose obrobku.
- Podélné soustružení – posuv se pohybuje ve směru osy otáčení obrobku.
- Čelním soustružením, při kterém vytváříme plochu kolmo k ose otáčení, existuje se zápichem a bez zápichu.
- Soustružením můžeme vytvářet kužel pomocí vyosení koníku či natočením příčných saní i s nožovou hlavou.
- Soustružení šroubových tvarů se provádí profilovým nožem a lze tak vytvořit závit s potřebnou velikostí a stoupáním šroubovice.

Nástrojem u soustružení je soustružnický nůž a rozlišujeme tyto jeho části:



Obrázek 18

Podle toho, co budeme obrábět, volíme tvar soustružnického nože. Závisí to také na druhu materiálu a jeho tvrdosti. Řezné úhly soustružnického nože využíváme s ohledem na požadovanou kvalitu povrchu obráběné oblasti a s ohledem na životnost nástroje. Velikost jednotlivých řezných úhlů určujeme pomocí tabulek.

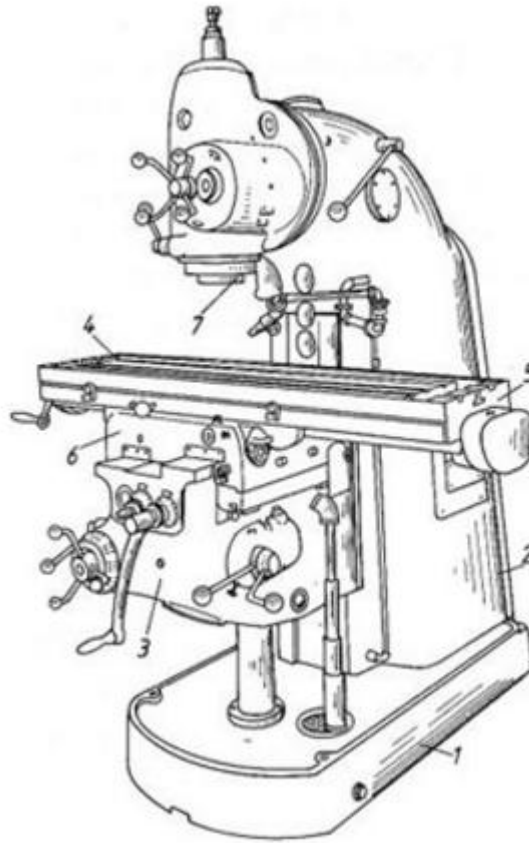


Obrázek 19

3.7 FRÉZOVÁNÍ

Frézování spočívá v obrábění rovinných či tvarových ploch vícebřitým nástrojem (frézou). Obrábět můžeme vnitřní i vnější plochy. Jednotlivé zuby frézy během otáčení odebírají třísku, což se považuje za hlavní pohyb. Vedlejšími pohyby jsou posuvy obrobku.

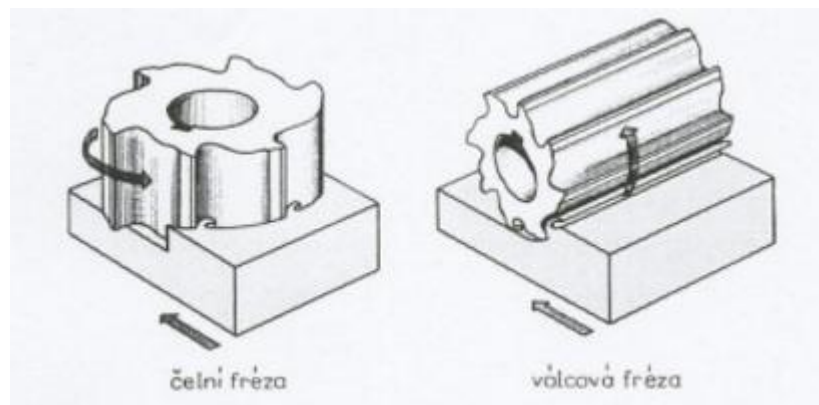
- 1) Základová deska
- 2) Stojan
- 3) Konzola
- 4) Pracovní stůl
- 5) Podélný suport
- 6) Příčný suport
- 7) Vřeteno



Obrázek 20

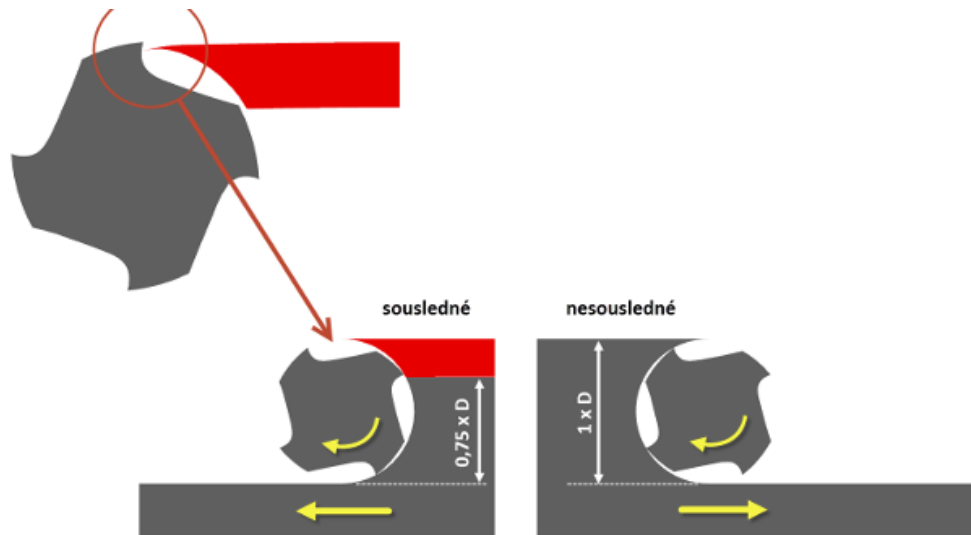
3.7.1 ZÁKLADNÍ ZPŮSOBY FRÉZOVÁNÍ ROVINNÝCH PLOCH

- Frézování válcovou frézou - zuby (břity) jsou rozmístěny po obvodu (přímé zuby, zuby do šroubovice), osa rotace je rovnoběžná s obráběnou plochou.
- Frézování čelní frézou - zuby jsou rozmístěny na obvodu a na čelní ploše (zuby do šroubovice), osa rotace je kolmá k obráběné ploše.



Obrázek 21

Dále rozlišujeme frézování sousledné a nesousledné. V současné době se upřednostňuje převážně sousledné frézování. Frézování nesousledné se používalo dříve v souvislosti se starými konvenčními stroji. Mezi jeho velké nevýhody patří horší kvalita povrchu, větší hlučnost a větší odpor při zařezávání nástroje. Naopak při hrubování se dosahuje touto metodou větší produktivity práce.



Obrázek 22

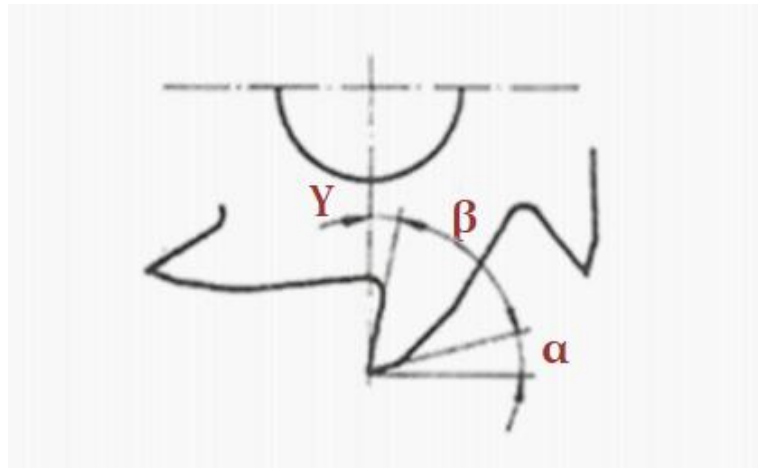
Při sousledném frézování se pohybuje maximální šířka záběru maximálně do 75 % velikosti průměru frézy.

Frézy se dělí podle druhu řezání na pravé a levé. Dále můžeme rozlišovat frézy podle typu řezného materiálu:

- frézy z nástrojové legované oceli,
- frézy s břitovými destičkami ze slinutých karbidů,
- frézy s břitovými destičkami z keramických řezných materiálů,
- frézy s břitovými destičkami z kubického nitridu (KNB).

3.7.2 U FRÉZY ROZLIŠUJEME TYTO DRUHY ÚHLŮ:

- α (alfa) - úhel hřbetu,
- β (beta) - úhel břitu,
- γ (gama) - úhel čela.



Obrázek 23

3.8 TVÁŘENÍ

Tváření spočívá ve výrobě součástí či polotovary plastickou změnou tvaru pevného tělesa za působení vnějších sil. Díky této technologii můžeme ovlivňovat nejen tvar výrobku, ale i mikrostrukturu kovů a tím i jeho mechanické vlastnosti. Za působení vnějších sil se dají trvale tvářet plastické tvárné materiály (polotovary, jako je ocel, měď, hliníkové tvárné slitiny). Při tváření se mění výchozí tvar v plastickém stavu tak, že vzniká žádaný konečný tvar v podobě profilů, plechů, trubek, šroubů a svorníků.

3.8.1 MEZI TVAROVÁNÍ PATŘÍ:

- tváření,
- odlévání,
- obrábění,
- svařování,
- prášková metalurgie.

Tváření je jednou z množiny technologií, která patří mezi tvarování. Má však mezi nimi výsadní postavení. Trvalá deformace materiálu vzniká zatěžováním materiálu nad mezí pružnosti, přesněji na mezí kluzu. Přitom vzniká tečení materiálu v tuhém stavu.

K přednostem tváření patří sériová až hromadná výroba, vysoká produktivita práce a hospodárné využití kovu. Při tváření můžeme zlepšovat strukturu a mechanické vlastnosti kovu. Zvyšuje se životnost součástí vyrobených tváření a snižuje se hmotnost součástí.

Během tváření se může měnit soudržnost materiálu při přeskupení krystalických zrn, rozlišujeme tváření za tepla a tváření za studena.

3.8.2 TVÁŘENÍ ZA STUDENA

Tváření za studena je proces probíhající pod rekrystalizační teplotou, kdy se teplota tváření pohybuje pod hodnotou 30 % teploty tání tvářeného materiálu. Dochází tak ke zpevňování materiálu a vzniká nárůst odporu proti dalšímu tváření, až dojde k vyčerpání plastičnosti materiálu. Mechanické vlastnosti materiálu se zpevněním zvyšují a klesá tažnost. Obnovení deformační schopnosti je možné ohřevem materiálu. Výhodou tváření za studena je vysoká přesnost rozměrů, kvalitní povrch a zlepšování vlastností zpevněním. Nevýhodou je nutnost používat velké tvářecí síly a omezená tvárnost materiálu. Do této kategorie tváření patří stříhání, ohýbání, tažení, protlačování, ražení atd.

3.8.3 TVÁŘENÍ ZA TEPLA

Tváření za tepla je proces probíhající nad rekrystalizační teplotou. Zpevnění způsobené tvářením mizí díky vysoké rychlosti rekrystalizace. Teplota tváření se pohybuje nad hodnotou 70 % teploty tání daného materiálu. U tohoto typu tváření stačí desetkrát menší síly než u tváření za studena. Má však nevýhodu, že povrch materiálu je vlivem ohřevu nekvalitní. Dochází k odstranění případných vad u základního materiálu, ale jde o proces zdoluhavý a nákladný. Největšími zástupci této operace jsou kování a válcování.

Rozdělení technologií tváření	
Objemové	Plošné
Válcování	Lisování
Kování	Ohýbání
Tažení	Tažení
Protlačování	Stříhání
Speciální metody	

3.9 VÁLCOVÁNÍ

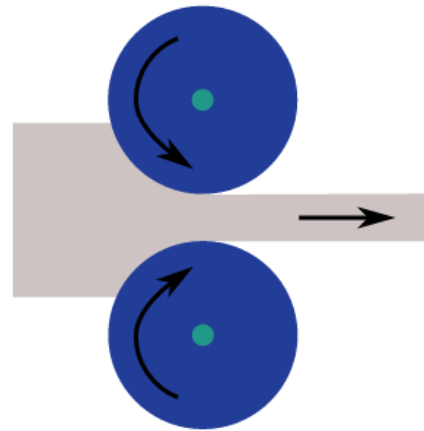
Patří k nejvýznamnější kategorii tváření. Dochází k němu mezi otáčejícími se válci v pásmu deformace. Jedná se o plastické tváření, kdy nastává trvalá deformace materiálu. Během stlačování se materiál prodlužuje a zmenšuje se jeho průřez. Válcování je metoda probíhající buď za tepla, nebo za studena. Podle polohy válců a materiálu dělíme tuto technologii na podélné, příčné a kosé válcování.

3.9.1 PODÉLNÉ VÁLCOVÁNÍ

Válcovaný materiál prochází kolmo vzhledem k osám válců.

Využití ve výrobě:

- tyčí různých velikostí,
- drátů,
- pásů,
- plechů,
- obručí a prstenců.



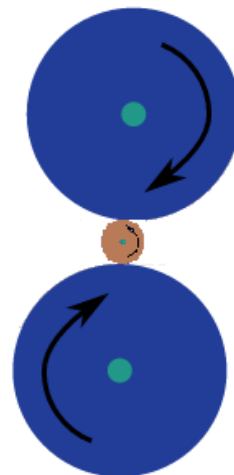
Obrázek 24

3.9.2 PŘÍČNÉ VÁLCOVÁNÍ

Tímto způsobem lze válcovat jen materiál kruhového průřezu, který prochází rovnoběžně s osami válců. Válce se v tomto případě otáčejí proti sobě.

Využití ve výrobě:

- trubek,
- závitů,
- některých částí s rotačními tvary.



Obrázek 25

3.9.3 VÁLCOVACÍ STOLICE

Tento tvářecí stroj je určený k tváření materiálu díky tlaku mezi dvěma či více válci. Malé válcovací stolice mohou mít ruční pohon. Válcují se plechy i dráty se a to už od 18. století, dodnes se užívají například ve zlatnictví.

Nejčastěji se válcovací stolice používají k výrobě plechů a ocelových profilů, ale existují i stolice pro zpracování mnoha dalších tvárných materiálů. Podle počtu válců a jejich uložení se rozeznávají válcovací stolice:

- duo (dvouválcové stolice),
- trio se třemi válci,
- kvarto se čtyřmi válci,
- sexto se šesti válci,
- dvanáctiválec,
- dvacetiválec (Sendzimir).

Válcovací stolice bychom mohli dále dělit podle směru otáčení válců nebo na speciální válcovací stolice k výrobě či úpravě kovových materiálů. Mohou tak například vznikat bezešvé trubky a profily ve tvaru I, U, L, kolejnice, šestihrany atd.

3.10 KOVÁNÍ

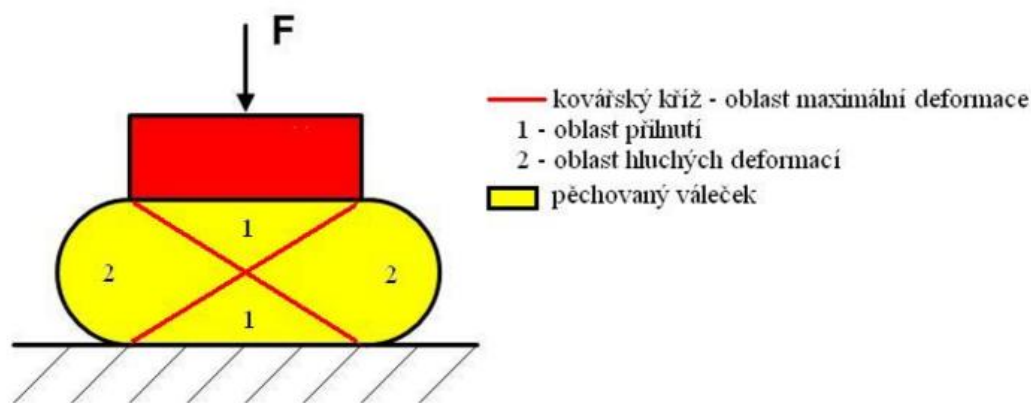
Je hlavním druhem tváření za tepla, u kterého přenos účinku vnější síly na tvářený materiál probíhá buď rázem, nebo působením klidné síly. Rázem myslíme ručně či strojně a působení klidné síly se provádí na lisech. Tento proces probíhá beztržskově a materiál se deformuje cestou nejmenšího odporu.

Kování rozdělujeme na kování volné a zápusťkové, podle použití tvářecích nástrojů. Volné kování můžeme dále rozdělit na ruční a strojní; zápusťkové kování dělíme na kování na kovací lisech a kování na bucharech.

3.10.1 VOLNÉ KOVÁNÍ

Výkovek je rázovou silou zpracováván za tepla a cílem je dosáhnout přibližného tvaru hotové součásti za pomoci základních kovářských operací.

Volné kování dělíme na ruční a strojní. Ruční kování se používá častěji v kusové výrobě a strojním kováním se vyrábějí velké výkovky, které by se těžko vyráběly jinou technologií. Při kování je nutné myslet na přídavky materiálu, který musí být tak velký, aby bylo zaručeno dodržení předepsaných rozměrů.

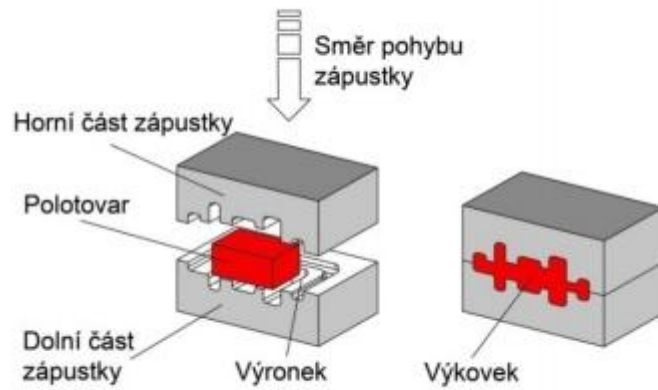


Obrázek 26

3.10.2 ZÁPUSŤKOVÉ KOVÁNÍ

Kování touto technologií je mnohem přesnější. Ohřátý polotovár je rázovou silou tvářen v dutině nástroje, v tzv. zápusťce. Během působení strojní síly polotovár kopíruje tvar dutiny a vzniká zápusťkový výkovek. Nejčastěji se používají zápusťky dvoudílné. Tento

způsob přípravy materiálu je velmi efektivní na výrobu a jednoduchý na obsluhu. Používá se při hromadné výrobě.



Obrázek 27

3.11 SLÉVÁNÍ

Slévání je způsob výroby, při které odlitky vznikají během odlévání roztaveného kovu či jiného materiálu do konkrétní formy. Ta má tvar budoucího výrobku, většinou složitého tvaru, kterého by se těžko dosahovalo jinou výrobní cestou. Tyto produkty vznikají ve slévárnách a většinou se dále opracovávají.



Obrázek 28

3.11.1 MATERIÁLY VHODNÉ K ODLÉVÁNÍ:

- ocel,
- litina,
- plasty,
- slitiny neželezných kovů.

Materiály určené ke slévání musí mít dobrou zabíhavost, smrštiteľnosť a nesmí tvořit bubliny.

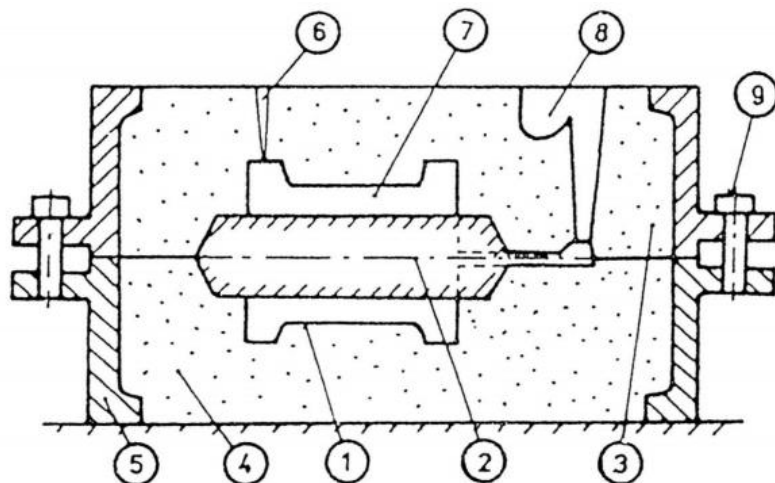
3.11.2 ČASTÉ PŘÍKLADY VÝROBKŮ:

- ozubená kola,
- písty spalovacích motorů,
- tělo elektromotoru.

3.12 SLÉVÁNÍ DO PÍSKOVÝCH FOREM

Schéma slévání:

- 1) Líc formy
- 2) Jádro
- 3) Horní část formy
- 4) Dolní část
- 5) Formovací rám
- 6) Výfukové kanály
- 7) Dutina formy
- 8) Vtoková soustava



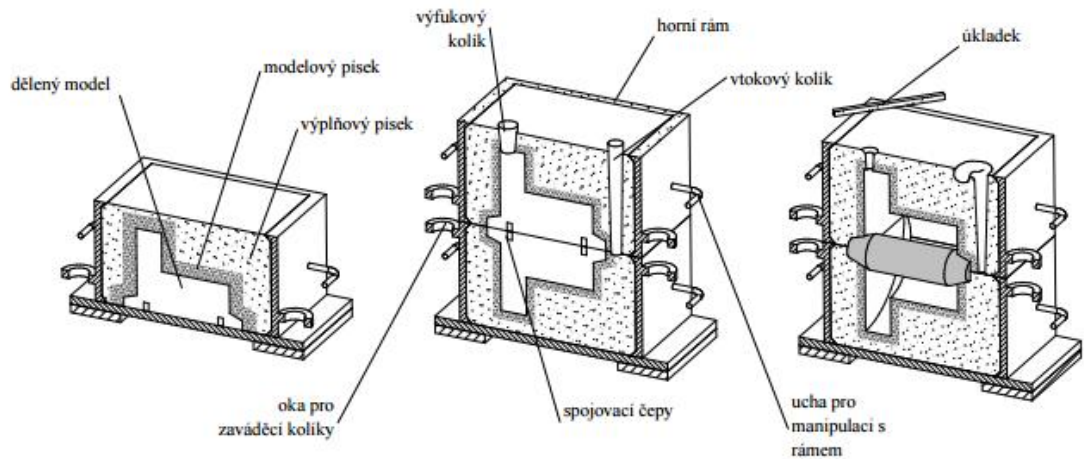
Obrázek 29

Výkresová dokumentace je podkladem pro výrobu odlitku. Modelové zařízení potřebujeme ke zhotovení formy. Mezi jeho hlavní části patří:

- formovací rám,
- formovací materiál (nejčastěji písek),
- model,
- šablona,
- jádro,
- písková forma,
- postup výroby odlitku.

Forma musí být vytvořena z prodyšného žáruvzdorného materiálu. Vyrábí se ve formovně, kde pomocí formovacího materiálu a pěchovaček upěchujeme model do formovacího rámu. Formování probíhá buď ručně, nebo strojně. K vytvoření dutin se používají jádra a šablony. Roztavený kov je vléván do dutiny formy vtokovou soustavou, která je součástí formovacího rámu. Před samotným sléváním se vše složí a umístí na své místo a forma je připravena k použití. Tekutý materiál určený k odlévání vzniká díky tavení v tavicích pecích a na místo lití se dopravuje v licích pánvích. Po zatuhnutí materiálu se surový odlitek buď vytlačuje, nebo vytlouká a je nutno zbavit jej jader a vtoků. Tím vzniká hrubý odlitek a ten se může dále podle potřeby obrábět či dále upravovat, čímž vzniká čistý odlitek. Zbylý materiál, jako jsou vtoky a výfuky, se může dále slévat. Podobně je to i s formovacím materiálem, ten se regeneruje a může se opět použít. Existují tři druhy slévání:

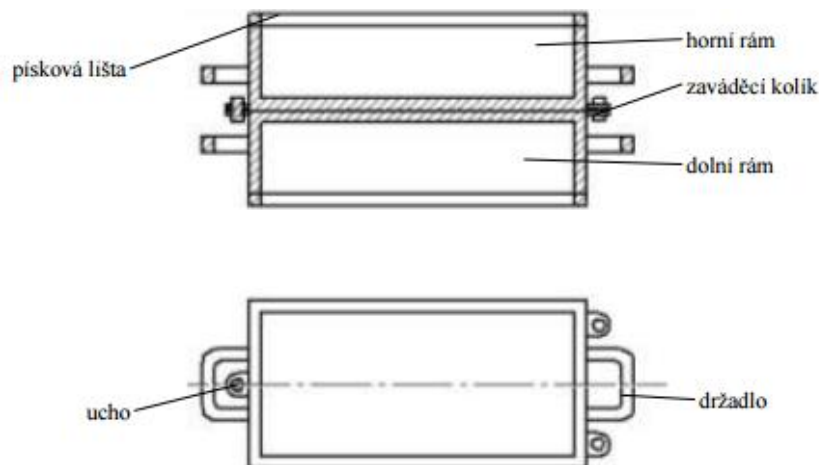
- Gravitační – tekutina je vlévána do formy a vlastní tíhou vyplňuje formu.
- Lití pod tlakem – tekutina je vlévána pod tlakem do formy.
- Odstředivé lití – roztavený kov je vléván do rychle se otáčející formy.



Obrázek 30

3.12.1 FORMOVACÍ RÁMY

Formovací rámy se používají k výrobě pískové formy. Formovací materiál se v rámu pěchuje a zpevňuje a dále má rám ochranou funkci proti rozebírání, vyjímání modelu a vtokové soustavy, obrácení a přenášení. Formovací rám je odolný vůči tlakům, které vznikají při plnění formy tekutým kovem. Rámy mají různý tvar a vyrábějí se převážně z litiny, kovů či dalších slitin. Dělíme je podle konstrukce na lité, svařované a montované. Většina používaných forem má dva rámy, spojené kolíky. Menší rámy mají po obvodu držadla kvůli manipulaci. Velké rámy mají čepy na zachycení háků. Okraje formovacích rámu mají zpevňovací pískové lišty, které přidržují formovací materiál.



Obrázek 31

3.12.2 FORMOVACÍ MATERIÁLY

Vyskytují se ve formě upravených směsí používaných na výrobu forem a jader. Od formovacích materiálů jsou vyžadovány tyto vlastnosti:

- soudržnost,
- tvárnost,
- pevnost,
- prodyšnost,
- žáruvzdornost,
- rozpadavost.

Základními složkami formovacího materiálu jsou ostřiva a pojiva. Podle druhu složení ostřiv a pojiv se získávají formovací materiály s různými technologickými vlastnostmi. Nejpoužívanějším ostřivem je křemen s teplotními vlastnostmi do 1700 °C. Je určený pro slévárenské účely všech slitin, kromě litiny. Pro ocel se používá magnezit se žáruvzdorností do 2000 °C. Pro odlévání ocelových či litinových odlitků se používá šamot s teplotou do 2050 °C.

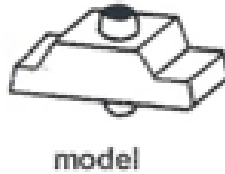
Pojivo spojuje jednotlivá zrna ostřiva a dává formovací směsi soudržnost. Dělíme je na organická (pryskyřice, oleje, sacharidy) a anorganická (jíly, vodní sklo, cement).

3.12.3 MODELOVÉ ZAŘÍZENÍ

Je zařízení potřebné ke zhotovení dutiny formy, která odpovídá tvaru budoucího odlitku.

3.12.4 MODEL

Model má tvar stejný jako budoucí odlitek a měl by být co nejjednodušší, aby se dal snadno zaformovat či vyjmout z formy. Rozměry modelu jsou zvětšeny o hodnoty smrštění a přídavky na obrábění.



Obrázek 32

3.12.5 MATERIÁLY PRO VÝROBU MODELŮ

- Dřevo – kusová či malosériová výroba.
- Kov – sériová výroba, méně se opotřebovávají.
- Jiné materiály – vosk, rtuť, plast – metodou vytavitelného modelu se používají k velmi přesnému lití při výrobě modelů na jedno použití.

Dále dělíme modely na dělené a nedělené.

Dělené modely se skládají z více kusů a používají se pro snadnější zaformování.

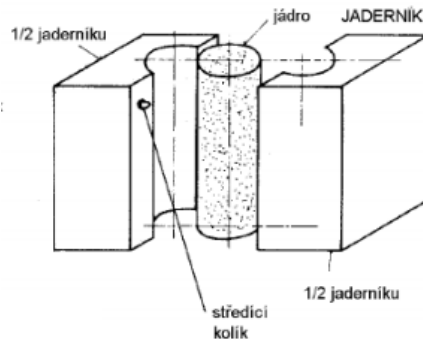
Nedělené modely se skládají z jednoho kusu.

3.12.6 ŠABLONY

Šablony jsou vhodně upravená prkna, která mají okraj podle tvaru odlitku. Hrany šablon jsou oplechovány, aby se nadměrně neodíraly. Případně mohou být celé kovové či plechové. Používají se v kusové či malosériové výrobě k výrobě dutin forem a jader.

3.12.7 JÁDRA

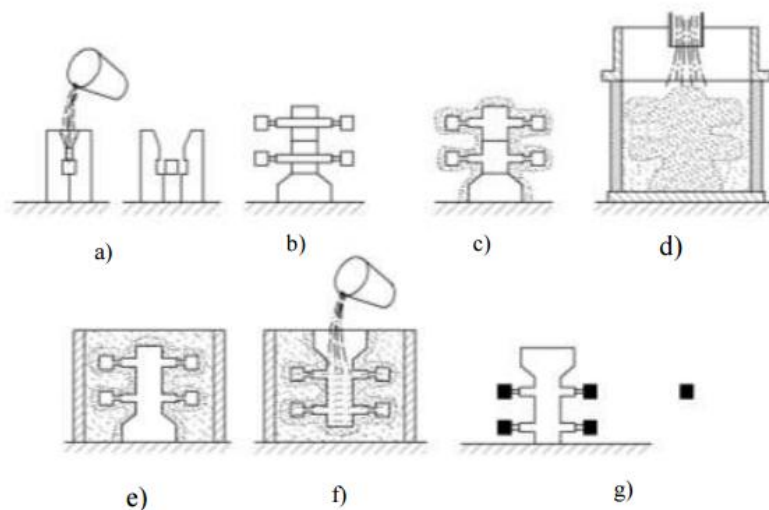
Jádra slouží k vytvoření dutin odlitku a mají v lici formě stabilní místo. Vyrábí se v jaderníku, což je dřevěná nebo kovová forma. Na jejich výrobu se používá jádrový písek, protože musí být odolná proti teplotě, když se dostanou do kontaktu s rozžhavenou tekutinou. Proto musí mít dobré teplotní a pevnostní vlastnosti. Po vychladnutí odlitku se jádro odstraní.



Obrázek 33

3.13 SLÉVÁNÍ METODOU VYTAVITELNÉHO MODELU

Touto metodou lze odlévat nejrůznější tvary s vysokou přesností a velmi hladkým povrchem. Technologická příprava je náročná, proto se této metody využívá zejména při hromadné výrobě. Základem je forma, ve které vznikne model z vytavitelného materiálu. Model se této formy zbaví a proces se opakuje, aby vznikl celý stromeček modelů. Postupně se na něj nanáší keramická hmota, dokud nevznikne potřebná tloušťka formy (skořepina). Dalším krokem je vytavení modelu z formy. Vzniklá skořepinová forma ve tvaru stromečku je připravena k odlévání. Po zatuhnutí se odstraní skořepina, oddělí se odlitky od vtokové soustavy. Posledními úpravami mohou být operace typu broušení, tryskání a leštění.



Obrázek 34

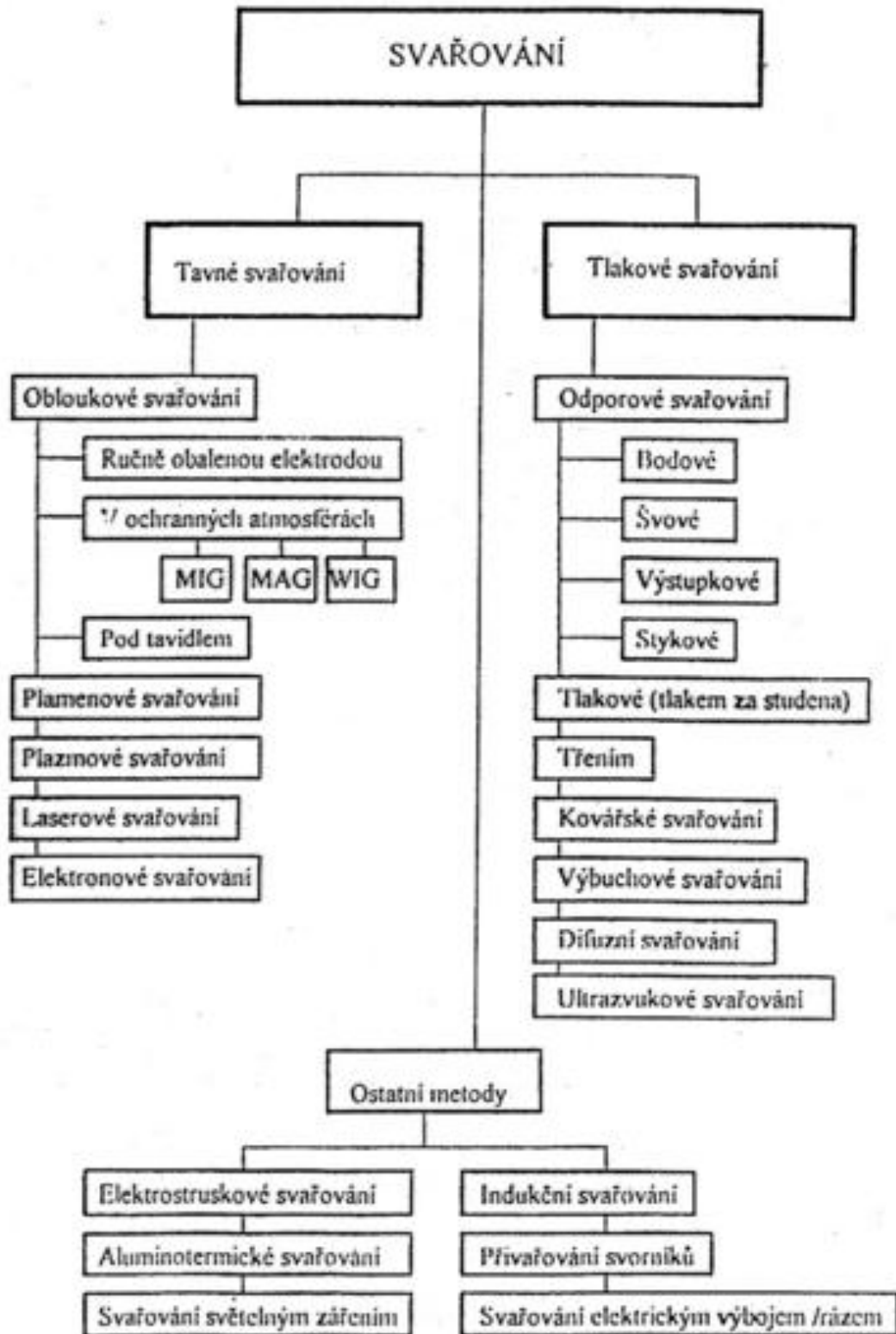
- a) vytvoření modelu b) sestavení stromečku c) vytvoření keramického obalu
 d) zasypaní skořepiny e) vypalování skořepiny f) odlévání g) odlitky

3.13.1 NEJČASTĚJŠÍ VADY ODLITKŮ:

- bubliny - příčinou může být velké množství plynů v tavenině nebo vlhká forma,
- staženiny – vznikají kvůli špatnému nálitkování,
- trhliny za tepla - příčinou je nestejněměrná tloušťka stěn,
- praskliny - příčinou je nesprávně provedené tepelné zpracování,
- nezaběhnutí - příčinou je malá tloušťka stěn,
- přesazení - příčinou je špatně složená forma nebo opotřebované rámy.

3.14 SVAŘOVÁNÍ

Během svařování jsou spojovány stejnorodé materiály tlakem či bez tlaku, s přídavným materiálem či bez něj. Tím bývají svařovací elektrody či svařovací drát. Složení přídavného materiálu je zpravidla stejné jako u základního materiálu, který má být svařován. Pokud je svár správně proveden, je jeho pevnost stejná jako u základního materiálu.



Obrázek 35

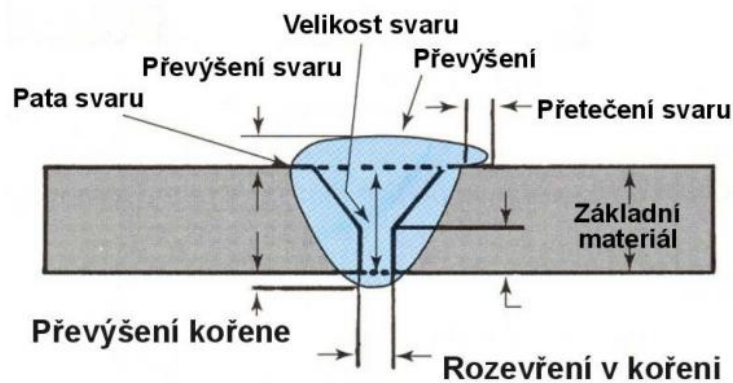
Výhody tohoto spojování materiálu

Vysoká produktivita a jednoduché vytváření nejrůznějších konstrukcí, úspora hmotnosti a cenová nenáročnost. Pokud dojde k poškození spoje, lze jej snadno opravit. Díky těmto přednostem se velmi využívá:

- u ocelových konstrukcí,
- staveb mostů,
- automobilový průmysl,
- potrubářství,
- lodářský průmysl.













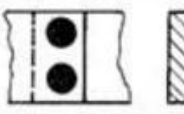




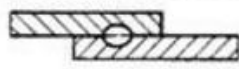

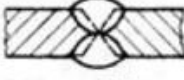

Nevýhody

Během svařování vznikají teplotní rozdíly okolo 2000 °C, což může mít negativní vliv z hlediska napětí v materiálu, pružnosti a změn tvrdosti.



Obrázek 36

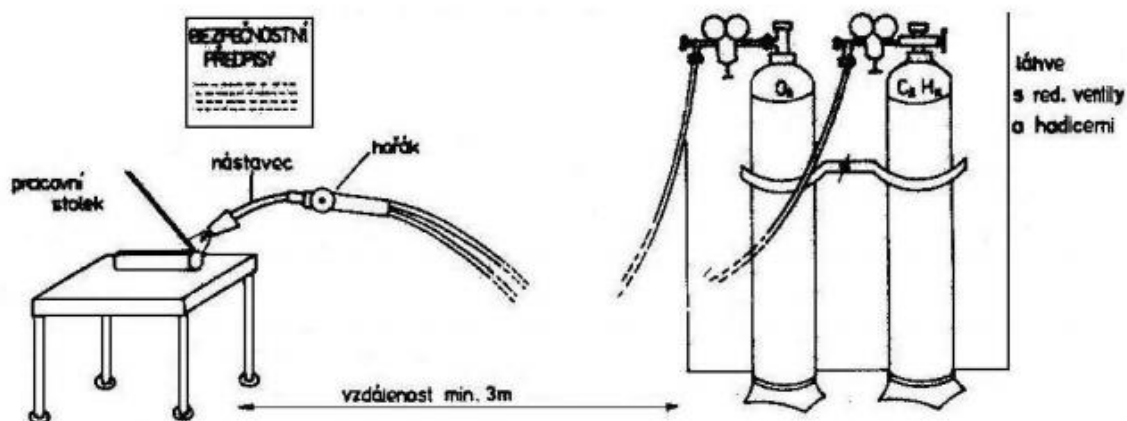
Za zmínku stojí i základní druhy svárů podle tvaru, jak jsou prováděny, viz schéma.

Název a provedení svaru	Značení	Název a provedení svaru	Značení
<u>Lemový svar</u> 	π	<u>Koutový svar</u> 	
<u>Tupé svary</u>		<u>převýšený</u> 	
I - svar 	Π	<u>prohláklý</u> 	
V - svar 	∇	<u>Rohový svar</u> 	
1/2 V - svar 	$\frac{1}{2}\nabla$	<u>Děrový svar</u> 	
U - svar 	\cup	<u>Průvarový svar</u> 	
podložený V - svar 	∇	<u>Bodový svar</u> 	
s podložkou X - svar 	∞		
K - svar 	κ λ		

Obrázek 37

3.14.1 SVAŘOVÁNÍ PLAMENEM

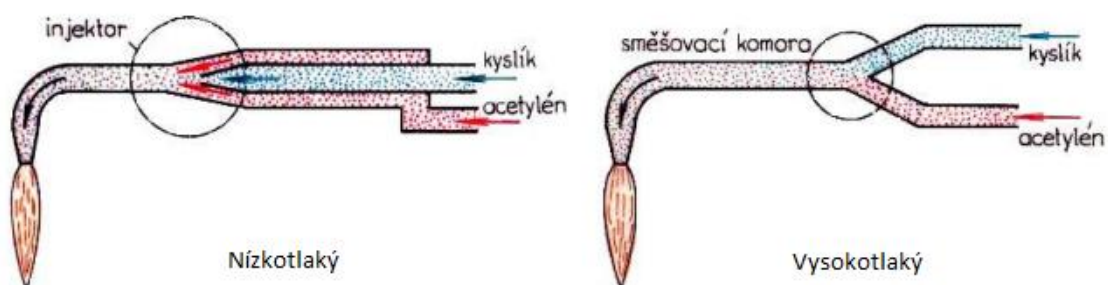
U svařování plamenem je zdrojem tepla plamen, který vzniká spalováním směsi hořlavého plynu acetylenu, vodíku, nebo propanu s kyslíkem. Svařovací souprava může být buď stabilní, nebo mobilní a tlakové lahve jsou opatřeny ventily. Dále je na každé lahvi redukční ventil s manometrem, ze kterého vedou hadice do hořáku s nástavcem.



Obrázek 38

Svařovací hořáky slouží k smíšení hořlavého plynu s kyslíkem a k regulaci plamene vhodného pro daný typ svařování.

Hořáky se používají nízkotlaké a vysokotlaké.



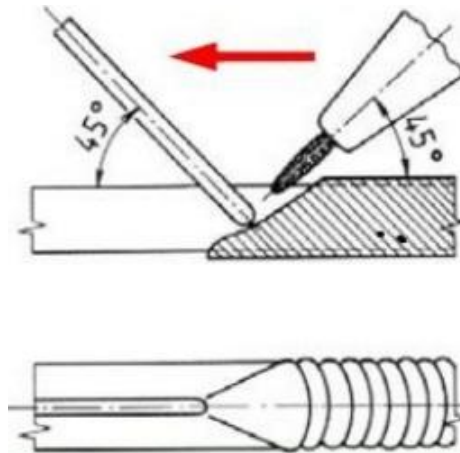
Obrázek 39

Přídavný materiál bývá v podobě drátu v průměru od 1,6 do 8 mm v závislosti na tloušťce materiálu a používá se k vyplnění svarové spáry. Výjimkou může být svařování šedé litiny, kde jsou přídavné materiály v podobě tyčinky nebo trubičky.

Techniku svařování plamenem můžeme rozlišovat na svařování dopředu a dozadu.

Svařování dopředu

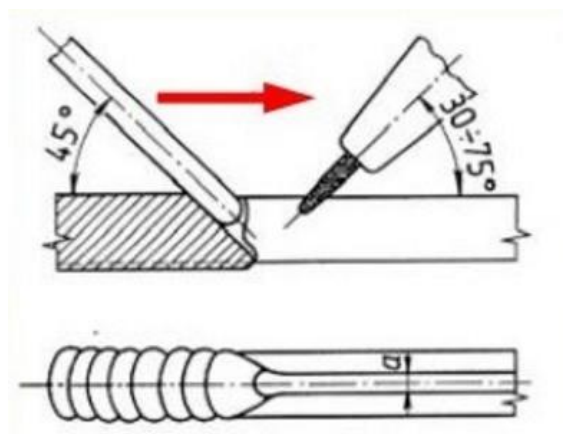
Je nejběžnější technikou a je vhodná pro plechy tloušťky do 4 mm. Spočívá v tom, že základní materiál se roztaví a poté se přikládá přídavný materiál.



Obrázek 40

Svařování dozadu

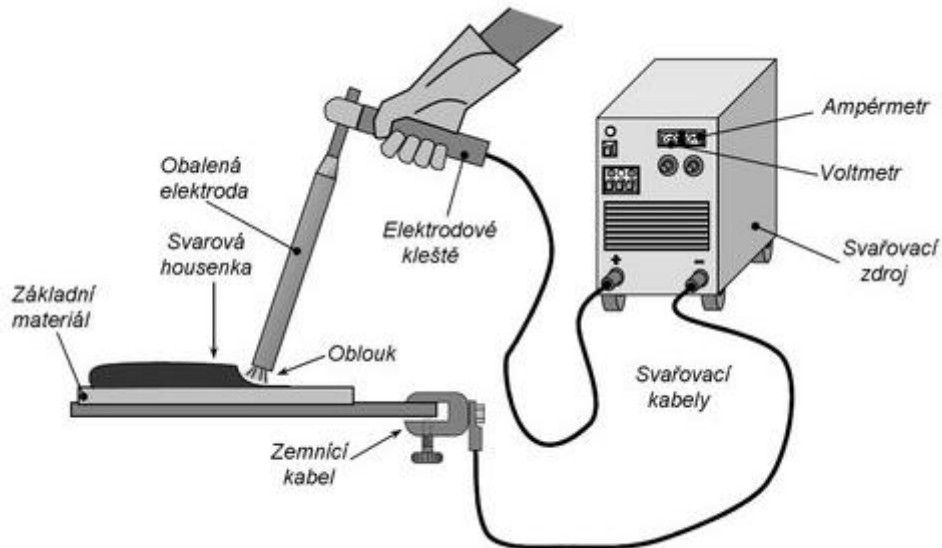
Hořák se pohybuje opačně než směr plamene, přídavný materiál je plamenem taven přímo do svarové spáry. Tato technika se používala dříve na tlustší materiály nad 4 mm, postupně však byla nahrazena elektrodovým svařováním, které je produktivnější a kvalitnější.



Obrázek 41

3.14.2 SVAŘOVÁNÍ ELEKTRICKÝM OBLOUKEM MMA

Jedná se o klasické ruční obloukové svařování, kde přídavný materiál tvoří obalená elektroda. Pracuje na principu hoření elektrického oblouku mezi elektrodou a základním materiálem. Jde o nejstarší a nejuniverzálnější metodu obloukového svařování. Rozlišujeme zde přímou a nepřímou polaritu, podle druhu pólu na elektrodě.



Obrázek 42

Svařovat lze střídavým i stejnosměrným proudem při intenzitě 30 – 500 A a napětí 10 – 70 V. Rozsah stupnice svářečky volíme podle tloušťky svařovaného materiálu. Důležitá je také volba elektrody, kterou volíme podle druhu a tloušťky materiálu, namáhání materiálu a prostředí.

Výhody svařovací metody MMA:

- mobilita zařízení,
- není potřeba zajišťovat externí plyn,
- možnost svařování v různých polohách,
- není náchylná na povětrnostní podmínky,
- různorodost svařovacích materiálů.

Nevýhody svařovací metody MMA:

- vznik strusky během svařování,
- častá výměna elektrod,
- metoda nevhodná pro povrchově upravené materiály.

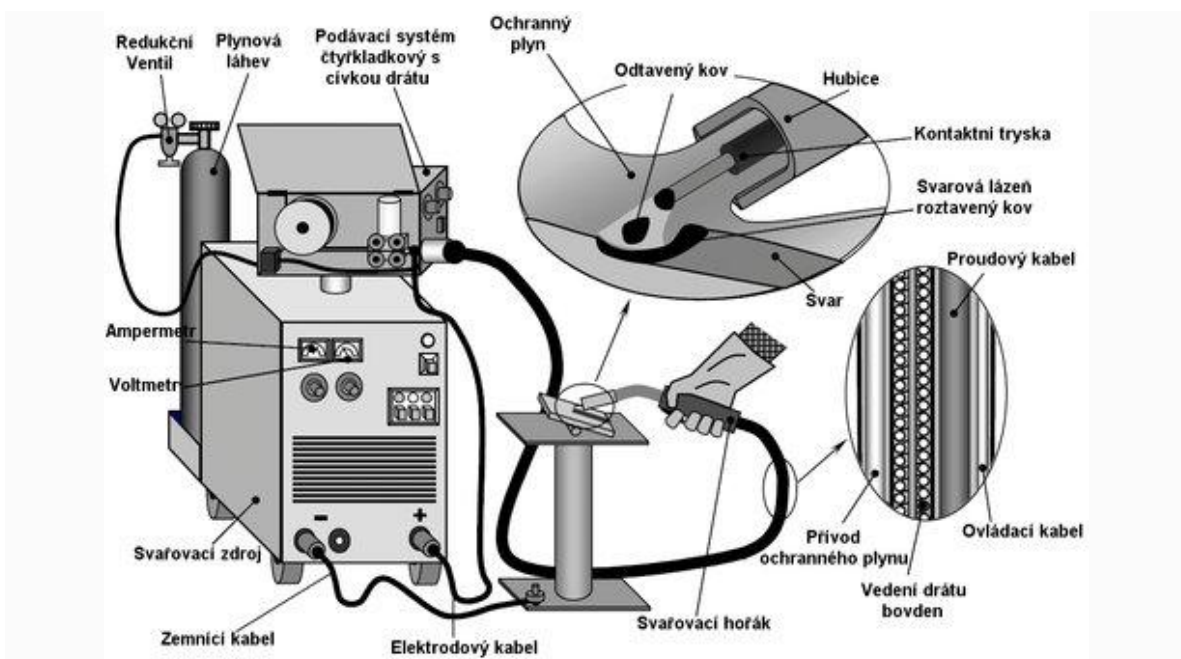
Využití:

- legované i nelegované materiály,
- ocelové konstrukce,
- lodní průmysl.

3.14.3 SVAŘOVÁNÍ METODOU MIG/MAG

Jedná se o metodu obloukového svařování tavicí se elektrody (neustále dodávaný drát ze zásobníku) v ochranném plynu. Teplo vzniklé díky elektrickému oblouku zajišťuje, že odtavovaný drát je přenášen do místa sváru. To vše probíhá v atmosféře ochranného plynu dodávaného z tlakové lahve či z centrálního rozvodu. Podle složení ochranného plynu dělíme tuto metodu na:

- MAG – Metal Activ Gas - aktivní ochranný plyn reaguje s roztavenou lázní.
- MIG – Metal Inert Gas - plyn nereaguje s roztavenou lázní.



Obrázek 43

Výhody metody MIG/MAG:

- vysoká svařovací rychlost a vyšší produktivita,
- možnost svařování v různých polohách,
- elektroda téměř neomezená (MMA),
- minimální vzniklá struska,
- vzniká méně zplodin oproti MMA,
- oblouk i svarová lázeň je jasně viditelná,
- při svařování ve zkratovém přenosu – vzniká menší teplo a tím i menší deformace.

Nevýhody metody MIG/MAG:

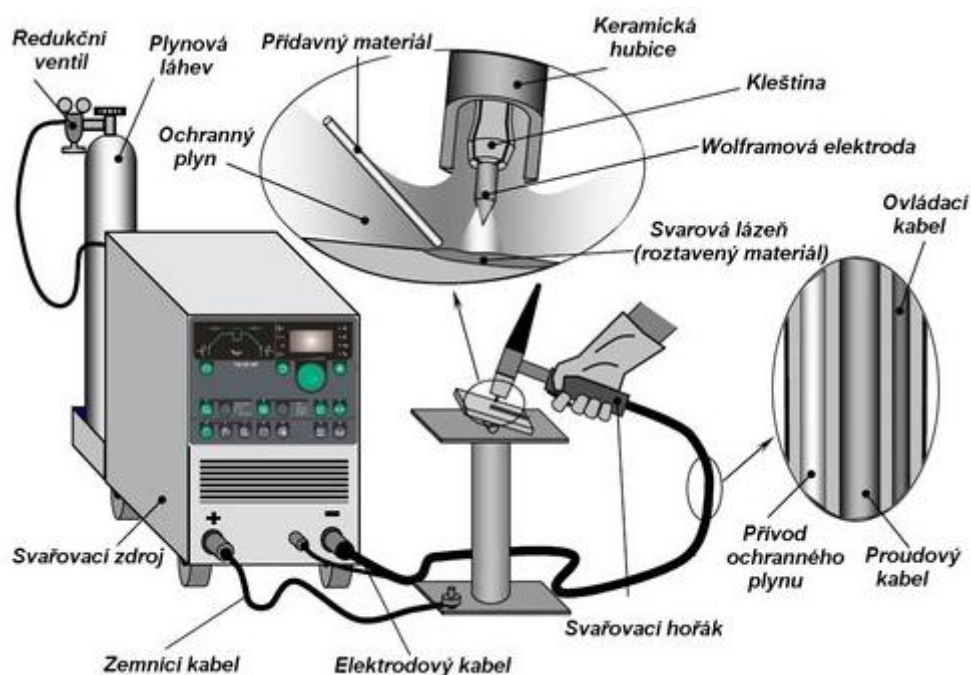
- pořizovací cena je vyšší,
- vyšší nároky na údržbu,
- je zde navíc plyn v tlakové lahvi,
- relativně vysoké vyzářené teplo do prostoru.

Využití:

- svařování oceli,
- svařování nerezových materiálů,
- svařování hliníku a hliníkových slitin,
- svařování mědi a slitiny.

3.14.4 SVAŘOVÁNÍ METODOU TIG

Hoření elektrického oblouku probíhá mezi netavící se wolframovou elektrodou a základním materiálem. Elektrická energie zajišťuje natavení základního materiálu za ochrany inertního plynu, který zabraňuje vniknutí atmosférických nečistot do svarové lázně.

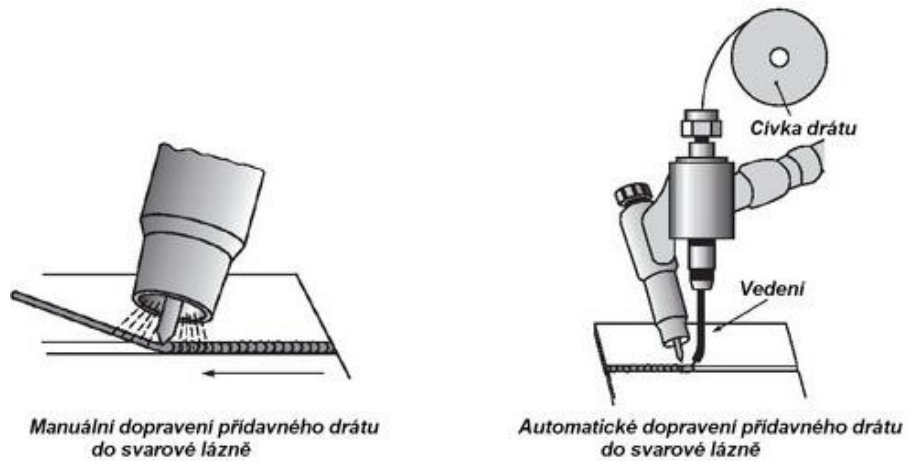


Obrázek 44

Inertní (netečný) plyn je přiváděn do místa svařování pomocí keramické hubice, kde nahrazuje atmosférický vzduch. Tento druh svařování se liší tím, že nedochází ke spotřebě elektrody jako u metody MMA či MIG/MAG.

Wolfram je kov s vysokým stupněm teploty tání cca 3300 °C, což je v podstatě dvojnásobek teploty tavení oproti klasickým kovům běžně svařitelných.

V případě potřeby se může přidávat do sváru tzv. přidavný „studený drát“ ručně nebo mechanicky.



Obrázek 45

Výhody metody TIG:

- ochranný inertní plyn zajišťuje účinnou ochranu svarové lázně,
- možnost svařování s přídavným drátem i bez něj,
- během svařování nevzniká struska,
- dokonalá kontrola lázně,
- možnost použití odstřížku základního materiálu jako přídavný materiál.

Nevýhody metody TIG:

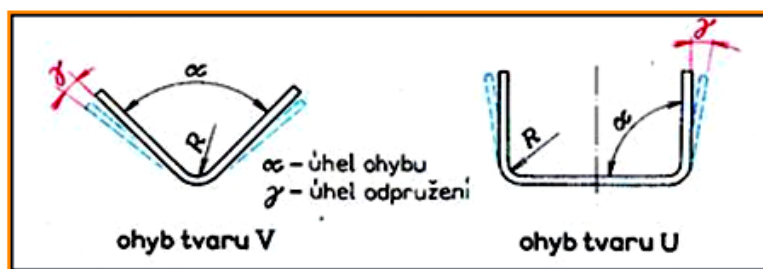
- technická náročnost zařízení,
- náklady na pořízení.

4 TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ OHÝBÁNÍM

Ohýbání je technologický proces tváření, při kterém dochází k trvalým deformačním změnám materiálu, bez výrazné změny průřezu. Ohýbat můžeme jen ty materiály, které se během této operace nepoškodí. Schopnost ohýbání materiálu je závislá na jeho tvárnosti. Mnoho materiálů lze ohýbat za studena, ale některé až po zahřátí na požadovanou teplotu. Dochází k namáhání materiálu na vnitřní straně tahem a na vnější straně tlakem, přičemž uprostřed průřezu materiálu je neutrální vlákno. Vzniklý ohyb je výrazný buď ostrou, nebo oblou hranou. Ohýbání může být prováděno ručně, nebo strojně na ohýbacích či ohraňovacích strojích. Ručně se většinou dají ohýbat materiály menších tloušťek, na silnější materiály se používají stroje, protože je potřeba větší síly. Čím větší je poloměr ohybu, tím menší je nebezpečí zlomu. Každý materiál při ohýbání klade určitý odpor, ten je závislý na teplotě, na druhu a velikosti materiálu. Při ohýbání je potřeba nezapomínat na tzv. úhel zpětného odpružení. Často se materiál upravuje ohýbáním, aby získal lepší pevnostní vlastnosti. U plechových výrobků se tak děje díky vroubkování, zakružování, lemování, profilování a drážkování. Plechové materiály se ohýbají do nejrůznějších tvarů, podle možností stroje. Nejčastěji se ohýbá do tvaru L, U, V, trubky, páskoviny atd.

4.1.1 DRUHY OHÝBÁNÍ

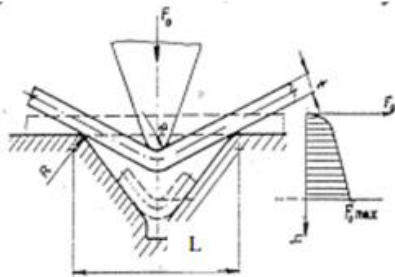
- volné ohýbání,
- ohýbání v ohýbadlech,
- zakružování,
- žlábkování,
- lemování,
- ohýbání v přípravku.



Obrázek 46

4.1.2 OHÝBÁNÍ DO TVARU V

Ohýbaný materiál je považován za nosník nesený na dvou oporách ve vzdálenosti L zatíženého uprostřed silou F_0 . Ohýbací síla se zvětší až o $1/3 F_0$ vlivem tření funkční části materiálu. Průběh síly je znázorněn na obrázku.



$$\text{síla: } F_{0V} = \frac{b \cdot t^2 \cdot R_e}{2 \cdot \rho} \cdot \tan \frac{\alpha}{2}$$

$$\text{práce: } A_{0V} = \frac{1}{3} \cdot \frac{F_{0V} \cdot L}{1000}$$

- F_{0V} síla při ohýbání do tvaru V [N]
 A_{0V} práce při ohýbání do tvaru V [J]
 α úhel ohybu [°]
 ρ poloměr zaoblení středního vlákna [mm]
 L vzdálenost mezi podporami [mm]
 b šířka plechu [mm]
 R_e mez pevnosti v kluzu [MPa]

Obrázek 47

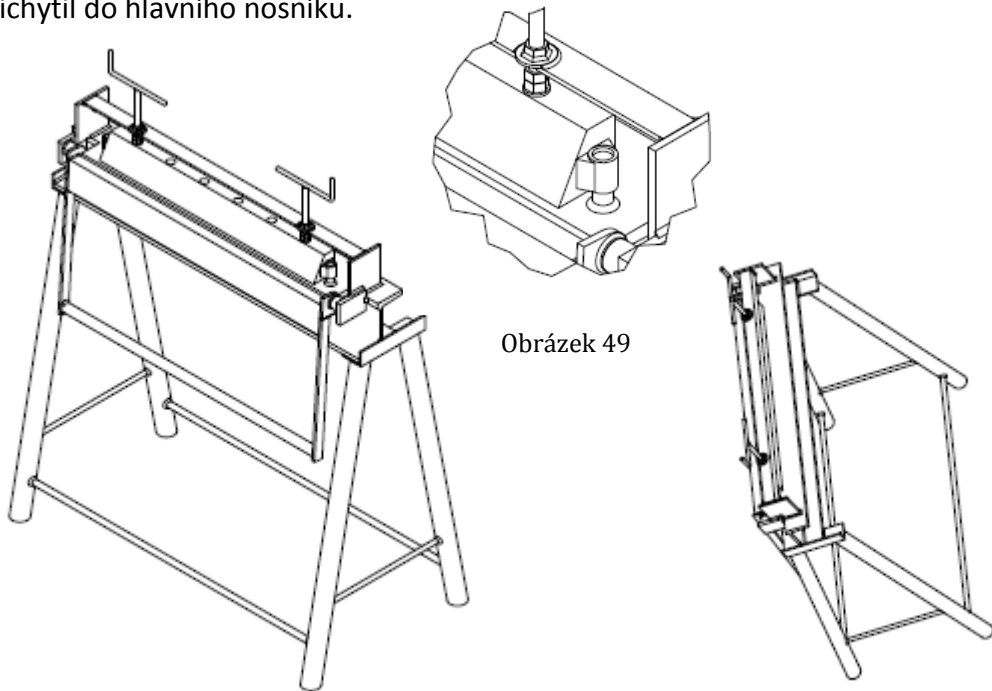


Obrázek 48

5 NÁVRH VLASTNÍHO ZAŘÍZENÍ OHÝBAČKA

Vztah k manuální práci se u mě vyvíjel od dětství. V současné době mám vybavenou dílnu, ve které dokážu vyrobit vše, co potřebuji. Posledním výrobkem je ohýbací nástroj. Měl jsem určitou představu o podobě budoucího zařízení a udělal jsem si několik náčrtků. Finální verzi jsem nakonec během výroby vylepšil. V průběhu výroby jsem řešil dva problémy. První spočíval v uchycení lišty na upínání plechu, která musela mít vedení a závitové ústrojí na utahování. Druhý problém byl u otočné části s madlem, kde jsem potřeboval nastavit správný ohýbací úhel na materiál. Obojí se však nakonec podařilo zkonstruovat, dílo jsem dokončil, vytvořil jsem výrobní výkresovou dokumentaci a tu přikládám v přílohách.

Výrobu jsem zahájil vytvořením nohou z trubek, které jsem svařil, a jako vzpěry jsem použil kulatinu. Na vrchní část nohou jsem vsadil a přivařil hlavní nosník ve tvaru H, na něj horní rampu s úchyty na příkládací lištu. Z důvodu přesného vedení má lišta přivařené vodící kroužky na čepy. Na závěr jsem přivařil otočnou část s madlem, kterou jsem přichytil do hlavního nosníku.



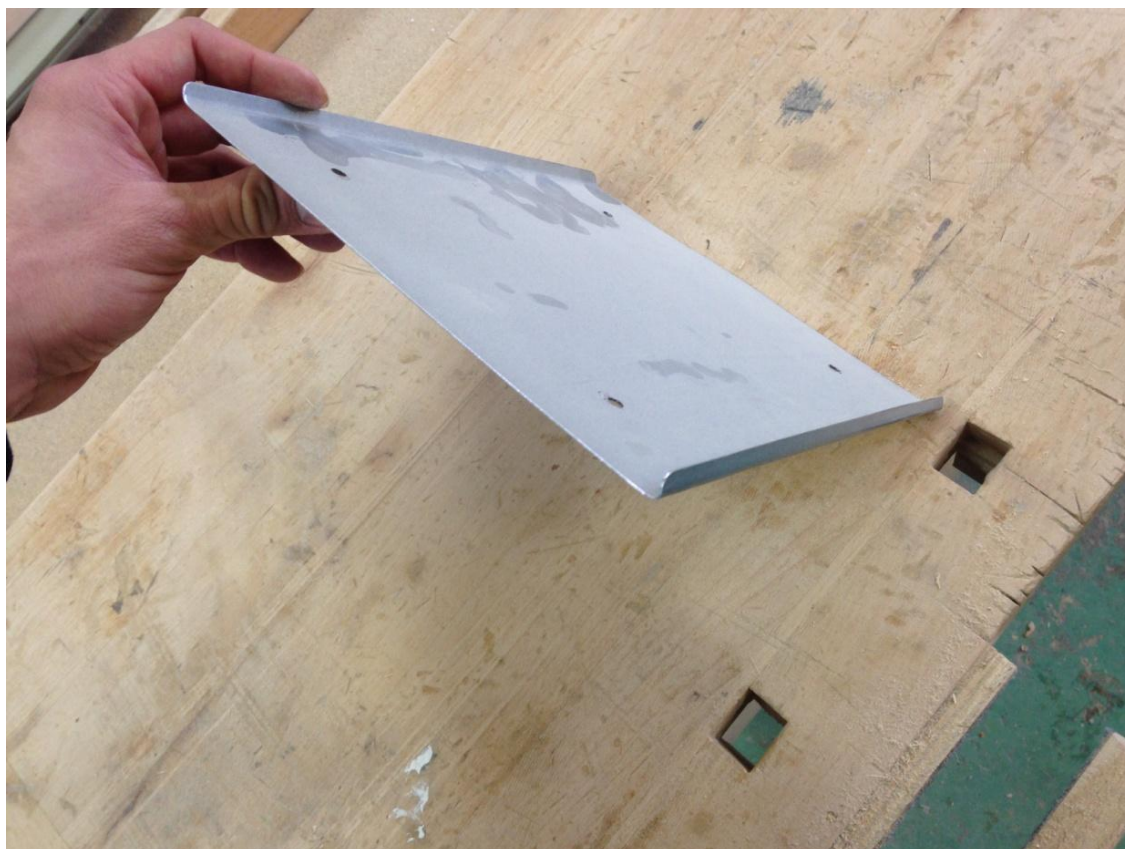
Obrázek 51

Obrázek 49

Obrázek 50

6 NÁVRH A POPIS REALIZOVANÝCH VÝROBKŮ

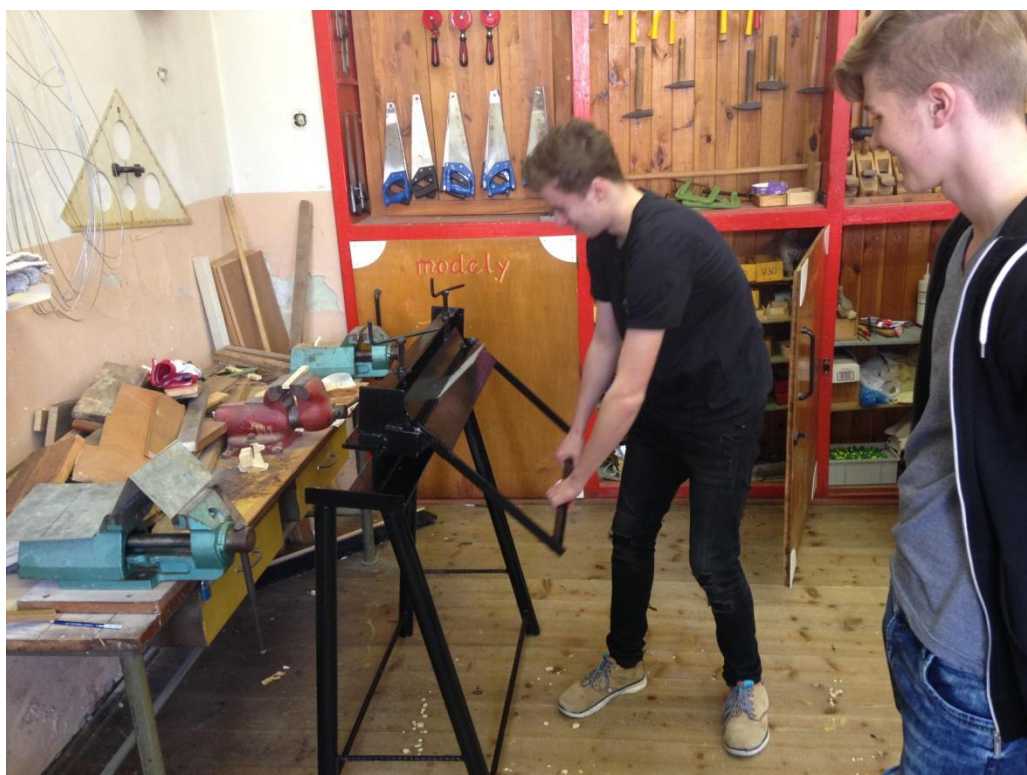
Dříve než jsem žáky seznámil s možností ohýbání na mém stroji, měli žáci zkušenost s ohýbáním kovového materiálu ve svěráku. Ten je však omezen délkou čelistí, která činí 125 mm. Dále jsem chtěl žákům ukázat snadné možnosti ručního ohýbání na stroji. Jako ideální příklad k využití jsem zvolil oplechování střechy ptačích krmítek. Žáci si připravili plechový polotovar pomocí pákových nůžek a poté jej ohnuli na daný rozměr. Většina z nich zjistila, jak je jednoduché ohýbat materiál tímto způsobem. Do budoucna uvažuji o výrobě plechové krabičky a plechového domečku. Pro vlastní zpětnou vazbu plánuji ještě připravit pro žáky dotazník, abych viděl, jak se moje zpestření výuky dětem líbilo. Ostatní fotky jsem vložil do příloh na konec diplomové práce.



Obrázek 52



Obrázek 53



Obrázek 54



Obrázek 55

6.1.1 BEZPEČNOST PRÁCE

Důležitou roli při práci v dílně hraje bezpečnost práce. Se školním řádem dílny a bezpečností na pracovišti jsou žáci seznámeni vždy na začátku školního roku. Patří sem zejména povinnost mít vhodný oděv a obuv, dostatečné osvětlení, vhodné pracovní tempo, správný pracovní postoj a sebemenší zranění nahlásit vyučujícímu.

Před použitím mého ohýbacího zařízení jsem žáky poučil o správné manipulaci v rámci bezpečné práce. Nejprve při přípravě plechového materiálu, kde může vlivem ostrých krajů dojít k úrazu. Dále při stříhání na pákových nůžkách je potřeba dbát zvýšené opatrnosti a pracovat vždy pod dohledem vyučujícího. Poté jsem žáky upozornil na správný postup při vrtání otvorů, na nutnost si materiál vhodně upnout truhlářským ztužidlem a správně podložit.

Před použitím mého ohýbacího nástroje jsem žáky upozornil na případná rizika. Nejprve při upínání materiálu, aby nedošlo ke skřípnutí přítlačnou lištou. Zvýšené

opatrnosti je nutno dbát během ohýbání s manipulací otočné lišty. Při procesu ohýbání žáci dbají pokynů vyučujícího, nesmí nikam do zařízení dávat ruce, aby nedošlo ke skřípnutí. Dalším předpokladem bezpečné práce je potřeba mít materiál dobře orýsován a upnut, dodržovat správný pracovní postoj a pevně uchopit otočné madlo. Nejlepším příkladem pro žáky je v tomto případě názorná ukázka, stejně jako u většiny náročnějších manuálních prací ve školní dílně.

Využití ohýbacího zařízení ve výuce ukázalo, že obsluha je velmi jednoduchá a žáci neměli problémy. Jediná nepřesnost vznikla kvůli špatnému orýsování materiálu a ohyb nebyl rovný.

7 ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zabývat se teorií tváření materiálu a praktického vytvoření vlastního ohýbacího nástroje, který bude sloužit jako pomůcka k vyučování tváření materiálů za studena. Žáci se setkají s tímto nástrojem v rámci výuky technických činností v 9. ročníku.

Během výuky pracovních a technických činností sice žáci pracují s různými materiály, ale pouze pomocí svěráku či dalšího nářadí. Zajímavostí jsou jistě projekty, kterých se naše škola účastní v rámci výuky technických činností na Středním odborném učilišti v Domažlicích. Zde žáci mohou nejprve vidět mechanizovanou výrobu různých součástí a poté si i vyzkouší některé z jednodušších činností na strojích.

Vzhledem ke skutečnosti, že strojní vybavení je na Středním odborném učilišti v Domažlicích na velmi dobré úrovni, získávají žáci celkem dobrou představu o výrobě součástí v reálném světě. Z mého pohledu vyučujícího výše zmíněných předmětů jsem však uznal za vhodné zařadit jako zpestření výuky tradiční ruční práci a ohýbání plechu na ruční ohýbačce. Přínosem je to, že si tuto činnost každý žák osobně vyzkouší, a proto si ji dobře zapamatuje. Zároveň je to pro ně příklad lidské tvořivosti a možnosti, jak si usnadnit práci tímto zařízením.

Vytvoření ohýbacího nástroje a jeho využití při výuce považuji za velmi přínosné. Soudím podle jejich reakcí a údivu žáků nad jednoduchostí ohýbání širších materiálů oproti ohýbání ve svěráku.

8 RESUMÉ

V diplomové práci jsme se věnovali klasifikaci technologií (obrábění, tváření, slévání, svařování) a zhotovení ohýbacího zařízení. Cílem této práce bylo popsat postup a využití vlastního ohýbacího zařízení, zhotovit technickou dokumentaci a ohýbačku vlastnoručně vyrobit ve vlastní dílně, se kterou se seznámili žáci technických činností v 9. ročníku.

V první části diplomové práce jsme se zaměřili na rámcový vzdělávací plán. Následně jsme se podívali na konkrétní školní vzdělávací plán, který vychází z RVP. V obou těchto dokumentech jsme hledali pojmy související se zaměřením této diplomové práce.

Ve druhé kapitole jsme se věnovali historii jednotlivých technologií.

Třetí kapitola je věnována klasifikaci technologií. Nejprve jsme se seznámili se základy obrábění, tváření, slévání a svařování. Z každé kategorie jsme vybrali nejvýznamnější zástupce.

Ve čtvrté kapitole jsme se zabývali tvářením za studena, ohýbáním. Analyzovali jsme druhy a výpočtový vzorec ohýbání do V.

V páté kapitole jsme se podívali na návrh vlastního ohýbacího zařízení. Toto zařízení bylo vyrobeno v naší dílně. Konstrukci jsem měl připravenou a předcházelo několik náčrtků. Udělal jsem i určité nutné změny během výroby. V přílohách přikládám kompletní výkresovou dokumentaci v programu AUTOCAD.

Šestá kapitola znázorňuje možnosti využití ohýbacího zařízení. Zatím jsme zařízení používali jen k oplechování střech jednotlivých druhů krmítek, do budoucna plánuji širší využití. Zmíněna je také nezbytná bezpečnost práce.

9 SUMMARY

This diploma thesis deals with classification of techniques (mainly working, forming, casting and welding) and also the making bending device. The goal of this thesis is to describe the procedure and utilization own bending device, to make technical documentation and to construct the bender in my own workroom, that is familiar to the students during their practical training at the 9th grade.

In my first part we were focused on Framework Education Plan, and then I concentrated on concrete School Education Plan, which comes out Framework Education plan. Both these documents I used as a base for searching the related terms connected with the topic of the thesis.

The second chapter dealt with the history of chosen techniques.

The third chapter is dedicated to the technology classification. We have gone through the basic steps of the working, forming, casting and welding. In each of these category I chose the most significant representatives.

The fourth chapter is focused on forming in a cold way and also on bending. We analysed the types and calculation formula of bending into V shape.

In the fifth chapter we concentrated on a proposal of own bending device. This device was made up in my own workroom. The construction had been prepared and a lot of sketches preceded. I also did some needed changes when constructing. At the end of the diploma is provided a complete documentation done in AUTOCAD programme.

The sixth chapter represents the variations of usage the constructed bender. At this time the bender was used only for the covering the roof with sheets of tin on bird feeders, but I plan the wider usage in the future. The importance of safety during the work is also mentioned.

10 SEZNAM LITERATURY

MOŠNA, František. *Práce s technickými materiály pro 6.-9. ročník základních škol: učebnice zpracovaná podle osnov vzdělávacího programu Základní škola*. 1. vyd. Praha: Fortuna, 1997. Praktické činnosti. ISBN 80-716-8468-6.

FRISCHHERZ, Adolf. *Technologie zpracování kovů 1: základní poznatky*. 5. vyd. Praha: SNTL, 2004. ISBN 80-902655-5-3.

PFROGNER, František a Alois MOJŽÍŠ. *Základy teorie a technologie tváření kovů*. 1. vyd. Plzeň: Vysoká škola strojní a elektrotechnická, 1981.

Rámcový vzdělávací program [online]. [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://www.msmt.cz/vzdelavani/zakladni-vzdelavani/upraveny-ramcovy-vzdelavaci-program-pro-zakladni-vzdelavani>

Svařovací metody [online]. [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://automig.cz/o-svarovani/metody/>

TECHNOLOGIE VÝROBY UMĚLECKÝCH ODLITKŮ [online]. [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=54075

STROJÍRENSKÁ TECHNOLOGIE [online]. [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: [file:///C:/Users/ntb/Downloads/za_strojirenska_technologie_3%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/ntb/Downloads/za_strojirenska_technologie_3%20(2).pdf)

Jak naprogramovat N-céčko [online]. [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/182/04.html>

STROJÍRENSTVÍ [online]. [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1219>

STROJNÍ OBRÁBĚNÍ FRÉZOVÁNÍ I. [online]. [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3047872/>

ZÁKLADY OBRÁBĚNÍ [online]. [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: http://www.sps-vitkovice.cz/texty/texty/ZAV/ZAV2-Zaklady_obrazeni_GEI.pdf

TECHNOLOGIE TVÁŘENÍ KOVŮ [online]. [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/01.htm

OBRÁBĚNÍ [online]. [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <http://jhamernik.sweb.cz/obrazeni.htm>

SOUSTRUŽENÍ [online]. [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: http://www.spstr.pilsedu.cz/osobnistranky/josef_gruber/clanky/soustr.pdf

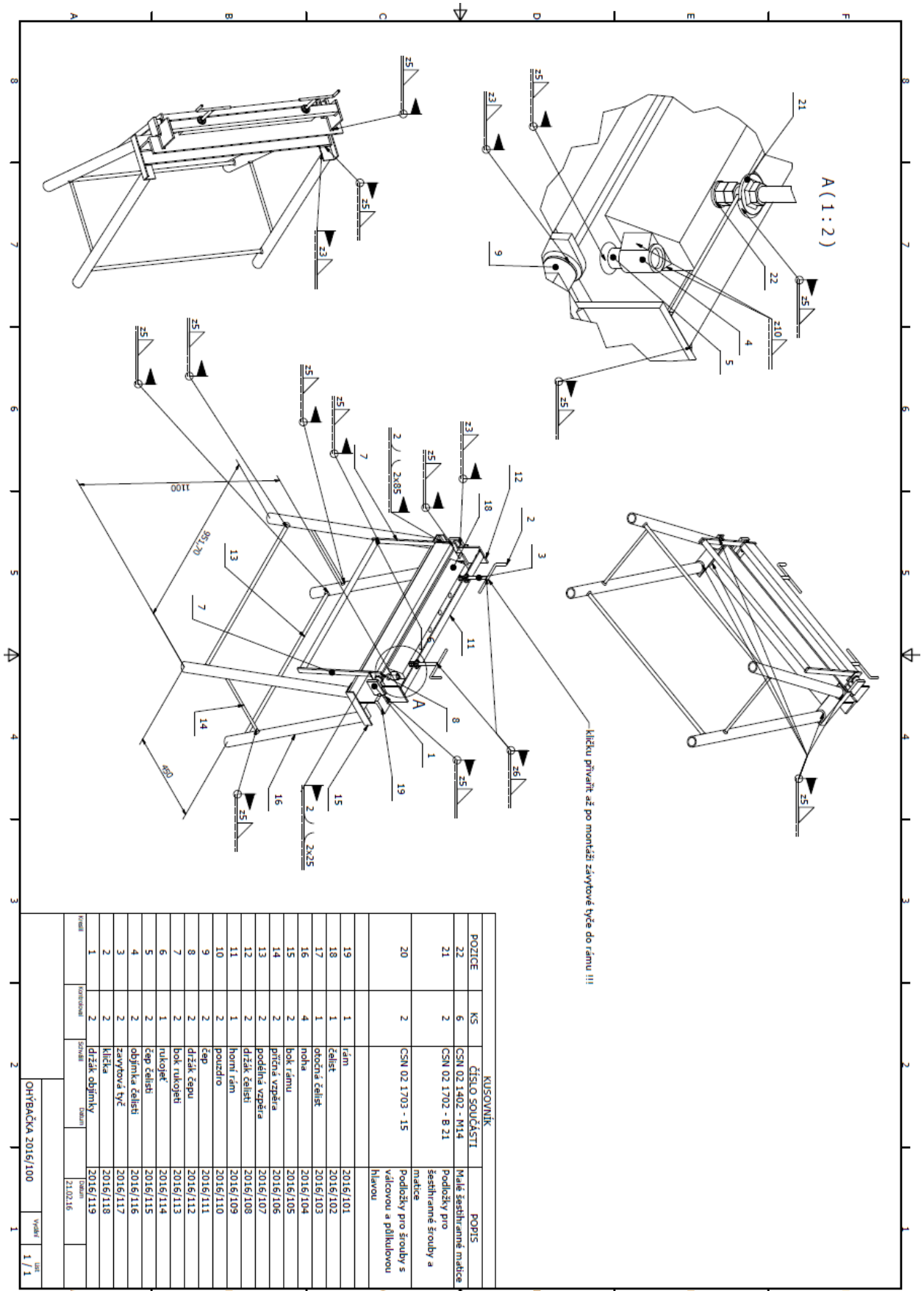
11 SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK, GRAFŮ A DIAGRAMŮ

- Obrázek 1 11 ... Historie obráběcích strojů. [Http://www.kup-prodej-stroje.cz/](http://www.kup-prodej-stroje.cz/) [online]. [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: <http://www.kup-prodej-stroje.cz/wp-content/uploads/2013/07/antic-lathe-wood-used-machine-exapro-blog.png>
- Obrázek 2 13 Historický zámek. [Https://www.vutbr.cz/](https://www.vutbr.cz/) [online]. [cit. 2016-04-04]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=54295
- Obrázek 3 14 Historická helma. [Http://www.person.vsb.cz](http://www.person.vsb.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.person.vsb.cz/archivcd/FMMI/TVKB/Tvareni%20kovu.pdf>
- Obrázek 4 15 Historie svařování. [Https://cs.wikipedia.org](https://cs.wikipedia.org) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Historie_sva%C5%99ov%C3%A1n%C3%AD#/media/File:Paten_Electrogefest.jpg
- Obrázek 5 16 Svařování. [Http://uvp3d.cz/](http://uvp3d.cz/) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: http://uvp3d.cz/drtic/wp-content/uploads/2014/07/UvP_STROJ_ST10_001_001.jpg
- Obrázek 6 17 Stříhání. [Https://eluc.kr-olomoucky.cz](https://eluc.kr-olomoucky.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1865>
- Obrázek 7 19 Vlastní zdroje
- Obrázek 8 19 Nůžky. [Https://eluc.kr-olomoucky.cz](https://eluc.kr-olomoucky.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1865>
- Obrázek 9 21 Pákové nůžky. [Http://www.forsteel.eu](http://www.forsteel.eu) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.forsteel.eu/pakove-nuzky-na-plech-hs-10>
- Obrázek 10 21 Tabulové nůžky. [Http://www.jouanel.com](http://www.jouanel.com) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: Tabulové nůžky [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.jouanel.com/photos2010/CL1020.jpg>
- Obrázek 11 25 Strojní pila. [Http://stroje.hyperinzerce.cz](http://stroje.hyperinzerce.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://stroje.hyperinzerce.cz/kovobrabeci-pily/inzerat/5255044-prodam-strojni-pilu-na-kov--nabidka-moravskoslezsky-kraj/#.VwU8wfmLTIV>
- Obrázek 12 26 Strojní pila. [Http://www.alfin-trading.cz](http://www.alfin-trading.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.alfin-trading.cz/produkty/strojni-pily/1>
- Obrázek 13 26 Pásová pila. [Http://www.svarecky-obchod.cz](http://www.svarecky-obchod.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.svarecky-obchod.cz/pily/pily-na-kov/pasove-pily-na-kov/2226-pasova-pila-na-kov-quantum-s-91-g.htm>
- Obrázek 14 27 Sloupová vrtačka. [Http://www.svarecky-obchod.cz](http://www.svarecky-obchod.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2598150/>
- Obrázek 15 28 Válcový vrták. [Http://slideplayer.cz](http://slideplayer.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.ataxtech-eshop.cz/katalog/zbozi/nastroje/vrtaky/vrtaky-do-kovu/valcovany-vrtak-din-338/produkt/vrtak-do-kovu-valcovany-1-70-x-43---20-din-338-hss>
- Obrázek 16 29 Kuželový vrták. [Http://stimzet.cz](http://stimzet.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: http://stimzet.cz/data/zvse221332_cz.html
- Obrázek 17 30 Soustruh. [Http://slideplayer.cz](http://slideplayer.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2745448/>
- Obrázek 18 32 Soustružnický nůž. [Http://jhamernik.sweb.cz](http://jhamernik.sweb.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://jhamernik.sweb.cz/obrabeni.htm>
- Obrázek 19 32 Soustružnické nože. [Https://publi.cz/books](https://publi.cz/books) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/182/04.html>
- Obrázek 20 33 Frézka. [Http://slideplayer.cz](http://slideplayer.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2615331/>
- Obrázek 21 33 Frézování. [Http://www.tch.estranky.cz](http://www.tch.estranky.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: http://www.tch.estranky.cz/fotoalbum/fotoalbum/frezovani_zpusoby/frezovani-valcovou-a-celni-frezou.jpg.html
- Obrázek 22 34 Sousedné a nesousedné frézování. [Http://www.unicut.cz](http://www.unicut.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.unicut.cz/cms/registered/sousledne-nesousledne>

- Obrázek 23 35 Řezné úhly. [Http://slideplayer.cz](http://slideplayer.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: [Druhy frézování. Http://slideplayer.cz](http://slideplayer.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3047872/>
- Obrázek 24 36 Vlastní zdroje
- Obrázek 25 38 Vlastní zdroje
- Obrázek 26 40 Volné kování. [Http://www.ksp.tul.cz](http://www.ksp.tul.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/03.htm
- Obrázek 27 41 Zápustkové kování. [Https://www.vutbr.cz](https://www.vutbr.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=16847
- Obrázek 28 41 Vlastní tvorba
- Obrázek 29 42 Odlévání do pískové formy. [Http://www.ksp.tul.cz](http://www.ksp.tul.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.ksp.tul.cz/cz/ksm/obsah/vyuka/materialy/novakova/cv-1.pdf>
- Obrázek 30 44 Zaformování. [Http://www.strojnylyceum.wz.cz](http://www.strojnylyceum.wz.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.strojnylyceum.wz.cz/maturita/tep/odlevani.pdf>
- Obrázek 31 44 Formovací rámy. [File:///C:/Users/ntb/Downloads](file:///C:/Users/ntb/Downloads) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: [file:///C:/Users/ntb/Downloads/za_strojirenska_technologie_3%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/ntb/Downloads/za_strojirenska_technologie_3%20(2).pdf)
- Obrázek 32 46 Formovací rámy. [File:///C:/Users/ntb/Downloads](file:///C:/Users/ntb/Downloads) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: http://uvp3d.cz/drtic/wp-content/uploads/2014/07/UvP_Stroj-ST10_002_001.jpg
- Obrázek 33 47 Jaderník. [Https://www.vutbr.cz](https://www.vutbr.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=55744
- Obrázek 34 47 . Skořepinové lití. [File:///C:/Users/ntb/Downloads](file:///C:/Users/ntb/Downloads) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: [file:///C:/Users/ntb/Downloads/za_strojirenska_technologie_3%20\(2\).pdf](file:///C:/Users/ntb/Downloads/za_strojirenska_technologie_3%20(2).pdf)
- Obrázek 35 49 Svařování. [Http://homen.vsb.cz](http://homen.vsb.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://homen.vsb.cz/~hla80/2009Svarovani/indexs.htm>
- Obrázek 36 50 Svár. [Http://homen.vsb.cz](http://homen.vsb.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://homen.vsb.cz/~hla80/2009Svarovani/02Pojmy.pdf>
- Obrázek 37 51 Druhy svárů. [Http://slideplayer.cz](http://slideplayer.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/3733520/>
- Obrázek 38 52 Svařování plamenem. [Http://users.fs.cvut.cz](http://users.fs.cvut.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/svarovani/UT_01_Prehled_svarovani_T08.pdf
- Obrázek 39 52 Druhy hořáků. [Http://users.fs.cvut.cz](http://users.fs.cvut.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: http://users.fs.cvut.cz/libor.benes/vyuka/svarovani/UT_01_Prehled_svarovani_T08.pdf
- Obrázek 40 53 . Svařování dopředu. [Https://eluc.kr-olomoucky.cz](https://eluc.kr-olomoucky.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1805>
- Obrázek 41 53 ...Svařování dozadu. [Https://eluc.kr-olomoucky.cz](https://eluc.kr-olomoucky.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1805>
- Obrázek 42 54 MMA. [Http://automig.cz](http://automig.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://automig.cz/o-svarovani/metody/>
- Obrázek 43 55 MIG/MAG. [Http://automig.cz](http://automig.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://automig.cz/o-svarovani/metody/>
- Obrázek 44 57 TIG. [Http://automig.cz](http://automig.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://automig.cz/o-svarovani/metody/>
- Obrázek 45 58 ..Tig - drát. [Http://automig.cz](http://automig.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://automig.cz/o-svarovani/metody/>
- Obrázek 46 59 Úhel odpružení. [Http://www.ksp.tul.cz](http://www.ksp.tul.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/07-ohybani/07.jpg
- Obrázek 47 60 Výpočet. [Https://www.vutbr.cz](https://www.vutbr.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=5890
- Obrázek 48 60 Ohraňovací lis. [Http://www.formetal.cz](http://www.formetal.cz) [online]. [cit. 2016-04-05]. Dostupné z: <http://www.formetal.cz/ohranovaci-lis-ad-r>
- Obrázek 49 61 Vlastní zdroje
- Obrázek 50 61 Vlastní zdroje

Obrázek 51	61	.....	Vlastní zdroje
Obrázek 52	62	.....	Vlastní zdroje
Obrázek 53	63	.....	Vlastní zdroje
Obrázek 54	63	.....	Vlastní zdroje
Obrázek 55	64	.....	Vlastní zdroje

12 PŘÍLOHY



OHYBAČKA 2016/100

Verze: 1 / 1

