

ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

Fakulta strojní

Ústav strojírenské technologie



BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Návrh technologie kování táhla parní lokomotivy

Autor: Ondřej Stejskal

Vedoucí práce: Ing. František Tatíček, Ph.D.

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Stejskal** Jméno: **Ondřej** Osobní číslo: **420452**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav strojírenské technologie**
Studijní program: **Teoretický základ strojírenského inženýrství**
Studijní obor: **bez oboru**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Návrh technologie kování táhla parní lokomotivy

Název bakalářské práce anglicky:

Proposal of technology for forging of steam locomotive piston-rod

Pokyny pro vypracování:

- 1) Seznámení s problematikou
- 2) Charakteristika použitelných výrobních technologií
- 3) Popis postupu kování
- 4) Závěrečné zhodnocení

Seznam doporučené literatury:

dle doporučení vedoucího DP

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

Ing. František Tatiček, Ph.D., ústav strojírenské technologie FS

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

Datum zadání bakalářské práce: **23.04.2018** Termín odevzdání bakalářské práce: **10.08.2018**

Platnost zadání bakalářské práce: **10.08.2018**

Ing. František Tatiček, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) práce

doc. Ing. Ladislav Kolařík, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Františku Tatičkovi, Ph.D. za cenné rady a trpělivost při vedení této bakalářské práce.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Návrh technologie táhla parní lokomotivy* vypracoval samostatně pod vedením Ing. Františka Tatíčka, Ph.D. a, že jsem uvedl všechny použité zdroje v seznamu literatury.

Datum: 9.8.2018

Podpis:

Anotace

Jméno autora: Ondřej Stejskal

Název práce: Návrh technologie kování táhla parní lokomotivy

Škola: České vysoké učení technické

Ústav: Ústav strojírenské technologie (U12123)

Školní rok: 2017/18

Vedoucí BP: Ing. František Tatíček, Ph.D.

Klíčová slova: Kování, parní lokomotiva, táhlo

Abstrakt: Cílem bakalářské práce Návrh technologie kování táhla parní lokomotivy je navrhnout technologii výroby, popsat teorii volného kování, metody použité při volném kování, návrh materiálu a polotovaru, použitých strojů a podrobný popis výrobního postupu volného kování.

Anotation

Author: Ondřej Stejskal

Name of the theses: Proposal of technology for forging of steam locomotive piston-rod

School: Czech Technical University in Prague

Department: Department of manufacturing technology (U12123)

School year: 2017/18

Supervisor: Ing. František Tatíček, Ph.D.

Key words: Forging, steam engine, rod

Abstrakt: Goal of bachelor thesis Technology design of steam engine rod is to choose method of manufacture, define a technology of freeform forging, forging methods used during forging proces, design of proper material and to describe forging technology.

Obsah

1	Úvod.....	7
2	Varianty možného řešení výroby	9
2.1	Třískové obrábění	9
2.2	Odlévání.....	9
2.3	Svařování	10
2.4	Kování zápusťkové.....	11
2.5	Kování volné.....	11
2.6	Závěrečné rozhodnutí.....	12
3	Popis technologie kování	13
3.1	Tvářecí teploty	13
3.2	Rozdělení technologie kování	15
3.2.1	Ruční kování	15
3.2.2	Strojní kování.....	15
3.2.3	Zápusťkové kování	15
3.2.4	Volné kování	16
4	Použité kovací operace.....	17
4.1	Prodlužování	17
4.2	Zkrucování	17
4.3	Pěchování.....	18
4.4	Ohýbání.....	18
4.5	Osazování a prosazování.....	19
5	Stroje používané při volném kování	20
5.1	Buchary	20
5.1.1	Pružinové buchary.....	20
5.1.2	Pneumatické buchary	20
5.2	Lisy.....	21
5.2.1	Hydraulické lisy	21
5.3	Ohřívací zařízení	22
5.3.1	Kovářská výheň.....	22
5.3.2	Spalinová (plynová) ohřívací pec.....	23
6	Stroje a nástroje použité při výrobě táhla.....	25
6.1	Použité stroje a zařízení	25
6.2	Použité nástroje	29
7	Polotovary	31

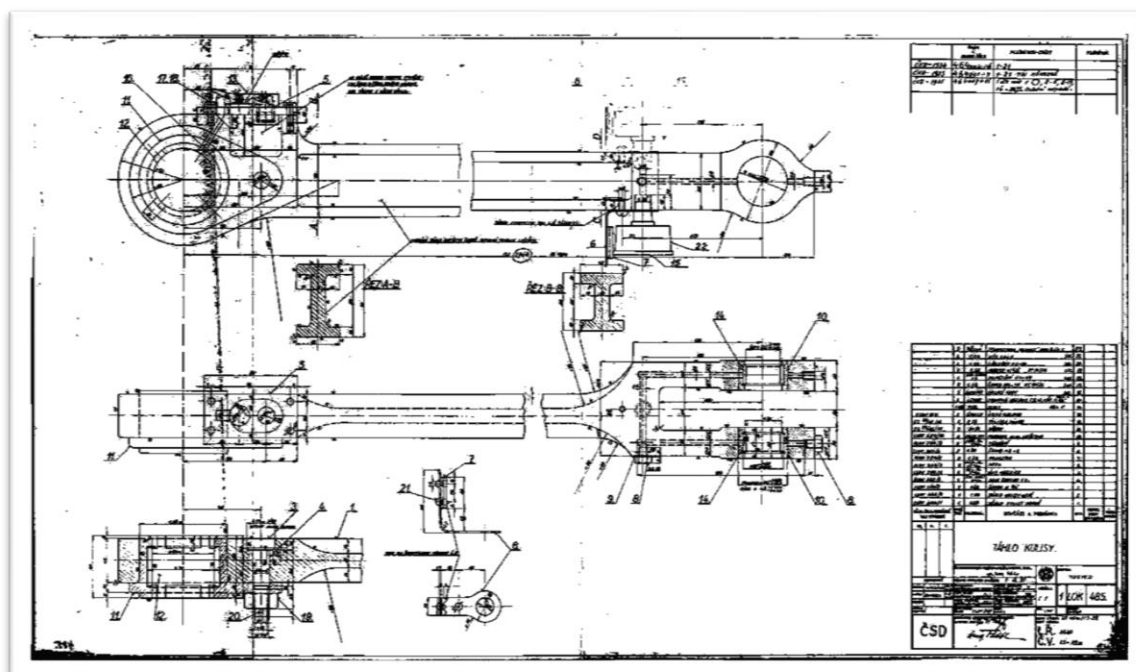
8	Výrobní postup.....	32
9	Závěr	37
	Literatura.....	38
	Seznam obrázků	40
	Seznam příloh na CD	40

1 Úvod

Kování je jedno z nejstarších metod zpracování kovů, které bylo po většinu lidské historie jednou z hlavních metod zpracování kovů, dnes se můžeme setkat s tradičním kovářským řemeslem v podobě uměleckého kování a dalších specializovaných odvětví, jako například platněřství, nožířství, podkovářství, zámečnictví, atd. S rozvojem technologie materiálů, výrobních zařízení a s potřebou pro rychlejší a efektivnější výrobu tradiční řemesla zažila úpadek v jejich uplatnění, jako hlavní způsob hromadné průmyslové výroby a uvolnily cestu pro moderní způsoby zpracování kovů, dnes jsou tradiční řemesla uplatněna pro specializované výroby. V dnešní době je kování ve světě průmyslu většinou v podobě strojního kování.

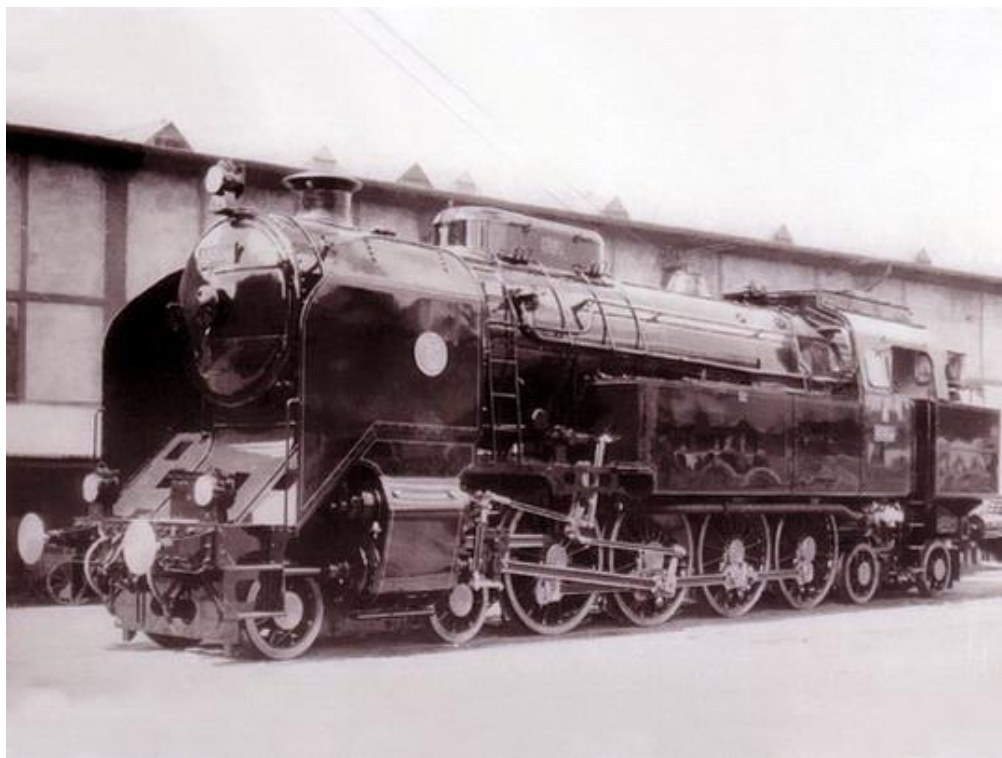
V této bakalářské práci se budu zabývat technologickým postupem výroby táhla parní lokomotivy za pomoci technologie volného kování, která byla použita při experimentu (výrobě výkovku), kování výkovku proběhlo v laboratořích Ústavu strojirenské technologie na ČVUT v Praze, Fakultě strojní.

Táhlo parní lokomotivy je tvořeno zužující se centrální tyčí o profilu H, která je zakončena na jedné straně okem, ve kterém je dutina na olej pro mazání ložiska a na druhé straně tyče je vidlice. Konstrukce táhla je vyobrazena na Obr. 1



Obrázek 1 Originální výkres táhla kulisy parní lokomotivy 464

Táhlo paří na lokomotivu ČSD řady 464 (Obr. 2), která byla vyrobena v závodech ČKD Praha v letech 1933-1940 a nyní se nachází v depozitáři Národního technického muzea v Chomutově. Důvodem výroby nového táhla je ztráta součástí při převozu lokomotivy do depozitáře [5].



Obrázek 2, Lokomotiva ČSD 464.048 na továrním snímku [5]

2 Varianty možného řešení výroby

Pro výrobu táhla lze požit několik možných technologií, při uvažování o technologii výroby je nutné se ohlédnout na několik důležitých faktorů, jako je například složitost tvaru součásti, počet kusů, mechanické vlastnosti, dostupnost materiálů a zařízení, apod.

2.1 Třískové obrábění

Třískové obrábění (Obr. 3) je metoda zpracování polotovaru, při kterém je materiál polotovaru odebírán řezným nástrojem ve formě třísek. Tato metoda je vysoce přesná, poměrně rychlá a díky číslicově řízeným strojům vhodná pro kusovou a malosériovou výrobu. Nevýhodou v tomto případě jsou horší mechanické vlastnosti oproti výkovku a vysoké množství odpadového materiálu [3].



Obrázek 3, Třískové obrábění na soustruhu [13]

2.2 Odlévání

Odlévání (Obr. 4) je metoda výroby, při které nahřejeme materiál nad tavicí teplotu, a tím dojde k jeho zkapalnění, poté se roztavený materiál odlévá předem připravených forem. Touto metodou lze vyrobit složité součásti, které by nebylo možné vyrobit jinou technologií. Pro uplatnění metody je nutno vyrobit model nebo formu, výsledný odlitek má hrubou strukturu, která snižuje pevnost součásti. Během procesu tuhnutí taveniny vznikají vady v odlitku (bublínky, praskliny, staženiny, nezaběhnutí) [3],[1].



Obrázek 4, Odlévání oceli do forem [14]

2.3 Svařování

Svařování (Obr. 5) je metoda spojení dvou nebo více součástí nerozebíratelným spojem za pomoci tepla, mechanické energie, chemické reakce. Chemické složení oceli má velký vliv na svařitelnost. Výroba svařenců je poměrně levná, vhodná pro jednoduché součásti. Nevýhodou by byla menší pevnost oproti výkovku vlivem vnitřního pnutí ve svarech, možný výskyt prasklin a pórovitých svarů a dalších vad. Pro výrobu táhla by části museli být vyrobeny jinou metodou a svařeny dohromady [3] [1].



Obrázek 5, Svařování elektrickým obloukem [15]

2.4 Kování zápustkové

Zápustkové kování (Obr. 6) je typ tváření za tepla, kde polotovar je ohřátý na kovací teplotu a umístěn do dutiny zápustky, která má tvar výkovku. Zápustkovým kovááním lze dosáhnout požadované rozměry a pevnost součástí. Součásti vyrobeny touto technologií jsou výhodné pro sériovou a hromadnou výrobu z důvodu velké počáteční investice pro nákup tvářecího stroje s dostatečně velkou působící silou a návrh na výrobu zápustky [3], [1].



Obrázek 6, Zápustkové kování [16]

2.5 Kování volné

Volné kování (Obr. 7) je typ tváření za tepla, při kterém ohřejeme polotovar na kovací teplotu a poté tváříme za pomoci kovadel a kovářských operací. Touto metodou se vyrábí tvarově jednoduché součásti, metoda je vhodná z důvodu autentické technologie výroby originální součásti. Součást vyrobená kovááním má, stejně jako v případě zápustkového kování, lepší mechanické vlastnosti. Pro efektivní výrobu je nutnost zkušeného pracovníka [3], [1].



Obrázek 7, Volné kování [17]

2.6 Závěrečné rozhodnutí

Volbu výrobní technologie bude ovlivňovat řada faktorů, mezi které patří požadavek na mechanické vlastnosti vyráběného dílu, využití materiálu, vyrobitelnost dílu v našich laboratořích z hlediska velikosti dílu, běžná dostupnost materiálové jakosti a vhodných rozměrů polotovaru, historická autenticita technologie výroby dílu. Z navržených výrobních technologií se jeví jako jediná možnost technologie volného kování s následným obráběním.

Práce se zabývá popisem technologie volného kování výkovku, technologie obrábění se bude realizovat externě, proto její popis není součástí této práce.

3 Popis technologie kování

Kování je jeden z nejpoužívanějších způsobů tváření za tepla, kde materiál zahřejeme na kovací teplotu a pomocí vnějších tvářecích sil měníme tvar materiálu, aniž by docházelo k jeho úbytku. Hlavními materiály pro kování jsou Oceli a slitiny hliníku, hořčíku, titanu, mědi. Důvodem ohřátí materiálu je zvýšení tvárnosti, plasticity a snížení křehkosti, pevnosti, abychom mohli snáze tvářet materiál. Kováním můžeme získat poměrně složité tvary, které by byly neekonomické pro jiné způsoby výroby a mají lepší mechanické vlastnosti v důsledku prokování, při kterém odstraníme hrubou strukturu materiálu a popř. odstraníme vnitřní vady získané při výrobě ingotů [1],[4].

3.1 Tvářecí teploty

V tomto případě jsou termíny kovací teplota a tvářecí teplota synonymní.

Tvářecí teplota (TT) – obecná teplota, při níž se polotovar tváří

Horní tvářecí teplota (HTT) – nejvyšší teplota, měřená v peci, na niž lze polotovar ohřát

Počáteční tvářecí teplota (PTT) – teplota, při níž se polotovar začíná tvářet

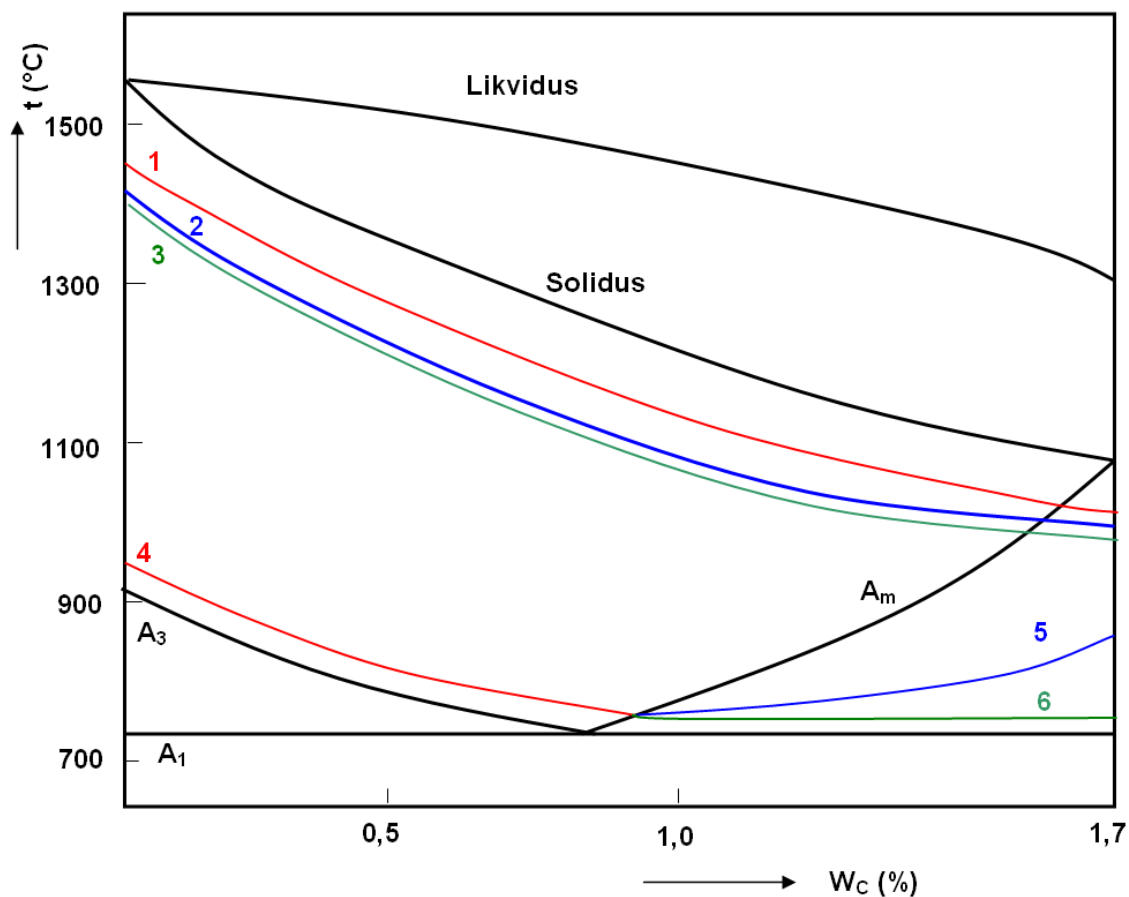
Dolní tvářecí teplota (DTT) – nejnižší přípustná teplota tváření

Dotvářecí teplota (DT) – skutečná teplota polotovaru na konci tváření.

Teoretický interval tvářecích teplot (TITT) – interval teplot mezi DTT a HTT

Skutečný interval tvářecích teplot (SITT) – Interval teplot mezi DT a PTT

Správné stanovení a spolehlivé dodržení TT je velmi důležitý úkol z hlediska vzniku vad, které by nastaly při jejím nedodržení. TT obvykle leží mezi teplotou solidu a teplotou nulové rekrytalizace [18].



Obrázek 8, Graf tvářecích teplot [18]

Horní tvářecí teplota

1. Rychloohřev
2. Litá struktura
3. Ostatní

Dolní tvářecí teplota

4. Pondeutektoidní oceli
5. Nadeutektoidní oceli s nižší tvářitelností
6. Nadeutektoidní oceli s vyšší tvářitelností

HTT kopíruje křivku solidu v takové vzdálenosti, aby bylo zaručeno, že za žádných okolností nedojde k jejímu překročení [18].

3.2 Rozdělení technologie kování

Kování rozdělujeme podle:

- Typu:
 - Ruční
 - Strojní
- Způsobu práce
 - Zápustkové
 - S výronkem
 - Bez výronku
 - Volné

3.2.1 Ruční kování

Polotovary se ohřívají na kovací teplotu v peci nebo ve výhni a pak se kove na kovářské kladivo pomocí kladiva. Ruční kování je typ kování, kde síla působící na ohřátý polotovar je generována pomocí vlastní síly kováře, proto je nutné, aby pro efektivitu výroby byl kovář tělesně zdatný a zručný. Existují kovářské techniky a přípravky, které zvyšují rychlost výroby [1], [4].

3.2.2 Strojní kování

Kovací síla je vykonána úderem bucharu, nebo tlakem lisu. Na rozdíl od kování ručního je možné pomocí strojů kovat větší polotovary, které by byly nemožné zpracovat jedním kovářem, nebo by vyžadovali pomoc několika dalších kovářů. Strojní kování je dnes hlavní způsob kování [1], [4].

3.2.3 Zápustkové kování

Pro hromadnou výrobu výkovků se stejnými rozměry je vhodné použít kování v zápustce. Zápustka je nejčastěji tvořena z horní a dolní části a vnitřní dutina těchto částí udává tvar výkovku. Dutina je zvětšena o velikost smrštění materiálu. Zápustka je vyrobena z oceli odolné proti otěru a tepelnému namáhání.

Polotovar ohřátý na kovací teplotu se vloží do spodní části zápustky a pomocí rázu bucharu nebo tlaku lisu horní část zápustky pohybuje dolů a vytlačí tvar dutiny do polotovaru a přebytek materiálu je vytlačen do výronkové drážky. Výronek se poté odstraní pomocí výronkové střížnice [1], [2], [4], [7].

- S výronkem

Polotovár je dimenzovaný tak, aby dokonale vyplnil dutinu zápusťky a měl přebytek materiálu pro vytvoření výronku, který se poté odstraní. Tato metoda je nejpoužívanější metoda zápusťkového kování. Touto metodou lze vyrábět složité výkovky [1], [4], [7].

- Bez výronku

Tato metoda se používá při hromadné výrobě jednoduchých rotačních výkovků. Zápusťka nemá místo kam by přebytečný materiál mohl zatéct, proto polotovár musí mít malou rozměrovou a hmotnostní toleranci [1], [4], [7].

3.2.4 Volné kování

Vzhledem k tématu této práce budu se zabývat pouze volným kováním strojním.

Volné kování strojní je prováděno na kovádlech a postupnou změnu tvaru výkovku udává kovář odborným odhadem. Z tohoto důvodu je nutné, aby kovář byl znalý a zkušený v kovářském řemesle. Za jedno nebo více ohřátí, kovář postupným tvarováním výchozího polotovaru dospěje konečného tvaru výkovku. Výkovek je za procesu kování měřen a kontrolován pomocí měřítka a šablon, tak aby konečný výkovek odpovídal zadaným rozměrům podle výkresu.

Výkovek vyrobený metodou volného kování nemá zaručenou geometrii a drsnost povrchu, proto je doporučeno, aby všechny jeho povrchy byly obráběny. Kovář během kovacího procesu používá kovářské operace k dosažení konečného tvaru výkovku [1], [2], [4], [7].

Mezi základní kovářské operace patří:

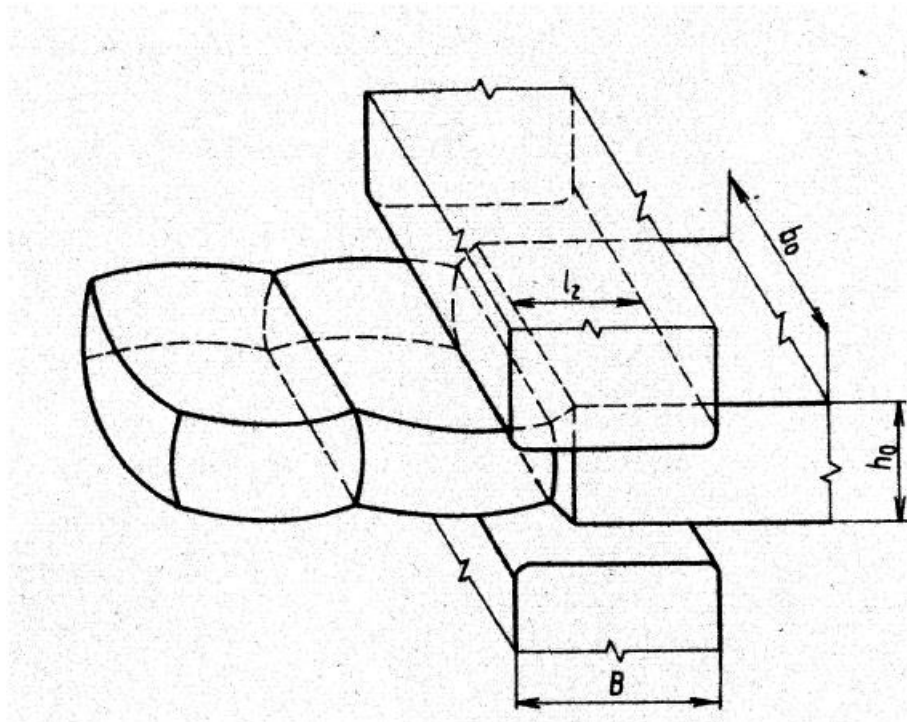
- Prodlužování
- Pěchování
- Osazování a prosazování
- Prosazování
- Děrování
- Probíjení
- Ohýbání
- Sekání
- Zkrucování

4 Použité kovací operace

V této kapitole se budu zabývat popisem vybraných kovacích operací, které byly použity při kování táhla parní lokomotivy.

4.1 Prodlužování

Prodlužováním se záměrně zmenšuje příčný průřez polotovaru a jeho délka vzrůstá. V kovárnách se operaci prodlužování (Obr. 9) věnuje 75 % výrobního času. Uplatňuje se jako přípravná a dokončovací operace při kování výkovků tyčí, hladkých, osazených i prosazených hřídelů, klikových hřídelů aj. Prodlužování je přetržitým tvářecím pochodem, který se uskutečňuje postupným stlačováním dílčích objemů tvářeného tělesa. Tento postup spolu s periodicitou záběrů usnadňují rozvoj smykové deformace, tím se rozrušuje dendritická struktura. Výsledkem je zlepšování mechanických vlastností při srovnatelných tvářecích postupech, např. válcování [4].

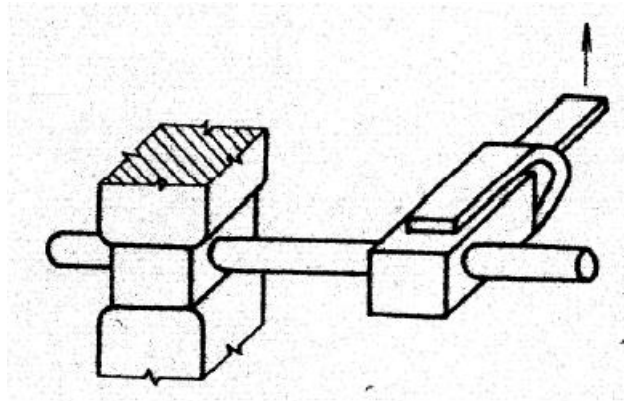


Obrázek 9, Operace prodlužování na plochých kovádlech [4]

4.2 Zkrucování

Podstatou zkrucování (Obr. 10) je pootočení vymezené části výkovku vůči sousední části výkovku o určitý úhel kolem společné osy, čím větší je průměr zkrucované části a čím větší je úhel zkroucení, tím výraznější tahová napětí vzniknou na povrchu. Úhel zkroucení

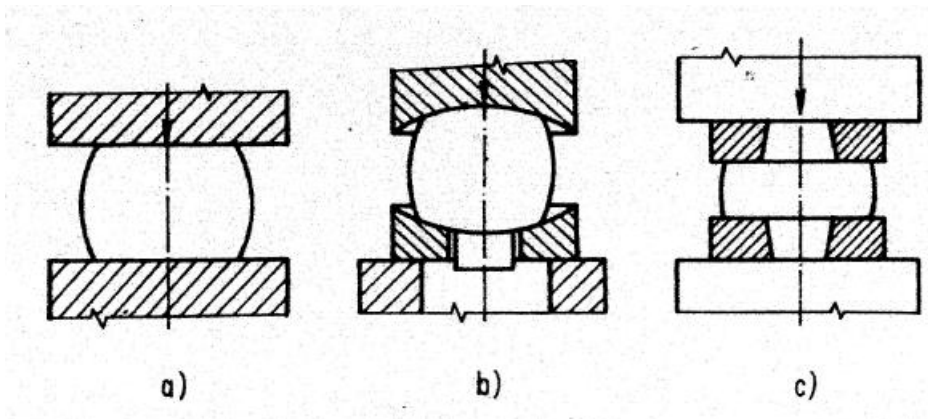
se stanoví s přihlédnutím k tvářitelnosti oceli. Obvykle je menší než $\alpha = 90^\circ$. Zkrucování je doplňkovou operací při dokončování klikových hřídelů [4].



Obrázek 10, Zkrucování pomocí přípravku [4]

4.3 Pěchování

Pěchování (Obr. 11) je silově a energeticky nejnáročnější kovářskou operací. Při pěchování se zmenšuje výška a zvětšuje příčný průřez tělesa. Účelem pěchování je zvýšit stupeň prokování, snížit anizotropii mechanických vlastností, dosáhnout radiálního průběhu vláken, zhotovit výkovky o větším příčném průřezu, než odpovídá výchozímu polotovaru a získat předkovky pro následné děrování nebo prodlužování [4].



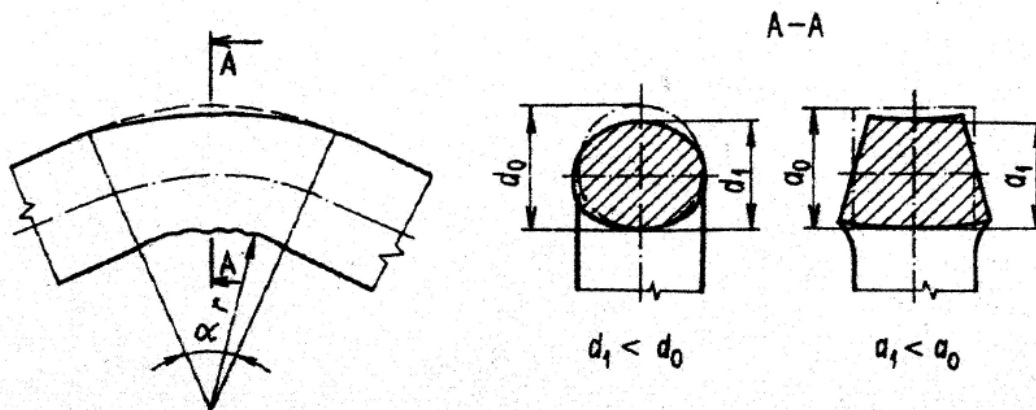
Obrázek 11, Pěchování [4]

a) Rovnými kovadly, b) Tvarovými kovadly, c) Jednoduchými přípravky

4.4 Ohýbání

Ohýbáním se zakřivuje podélná osa výkovku, čímž se mění tvar jeho příčného průřezu v pásmu deformace, a to tím výrazněji, čím větší je tloušťka ohýbaného polotovaru t , menší poloměr ohybu r a větší úhel ohybu α . Tlaková napětí na vnitřním obrysu výkovku vedou

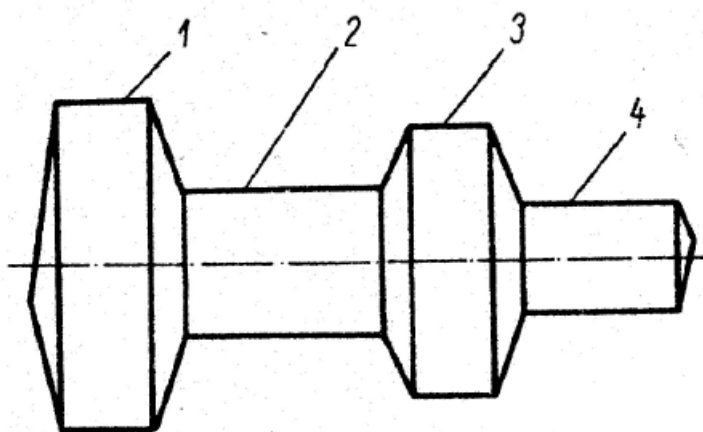
ke vzniku zvrásnění, tahová napětí na vnějším obrysu mohou vést ke vzniku příčně orientovaných trhlin. Ohýbání (Obr. 12) se uplatňuje při výrobě háků, kotev, třmenů, táhel apod. Operace se vesměs uskutečňuje v oblasti dolních kovacích teplot (850 až 950 °C), pomocí jednoduchých přípravků [4].



Obrázek 12, Ohýbání a vliv deformace kruhového a čtvercového materiálu [4]

4.5 Osazování a prosazování

V podstatě se jedná o prodlužování vymezených částí výkovku. Osazuje se na koncových částech, kde vzniká osazení, prosazuje se na nekoncových částech výkovku, kde vzniká prosazení. Obě operace se uplatňují u plných a dutých výkovků podélných, jejichž průřez se po délce stupňovitě mění. Pro osazování a prosazování je příznačné místní zeslabení průřezu v rovině osazování, prosazování (Obr. 13) [4].



Obrázek 13, Osazování a prosazování [4]

1 - koncová příruba, 2 - prosazení; 3 - středová příruba; 4 - koncové osazení

5 Stroje používané při volném kování

Tvářecí stroje pro volné kování jsou z velké části totožné se stroji používanými při kováním v zápustkách, jedná se převážně o buchary a lisy. Další přístroje nezbytné pro kování jsou ohřívací zařízení, jedná se o pece, výhně. V této kapitole jsou uvedeny typy strojů a přístrojů, které se použily při kování táhla parní lokomotivy.

5.1 Buchary

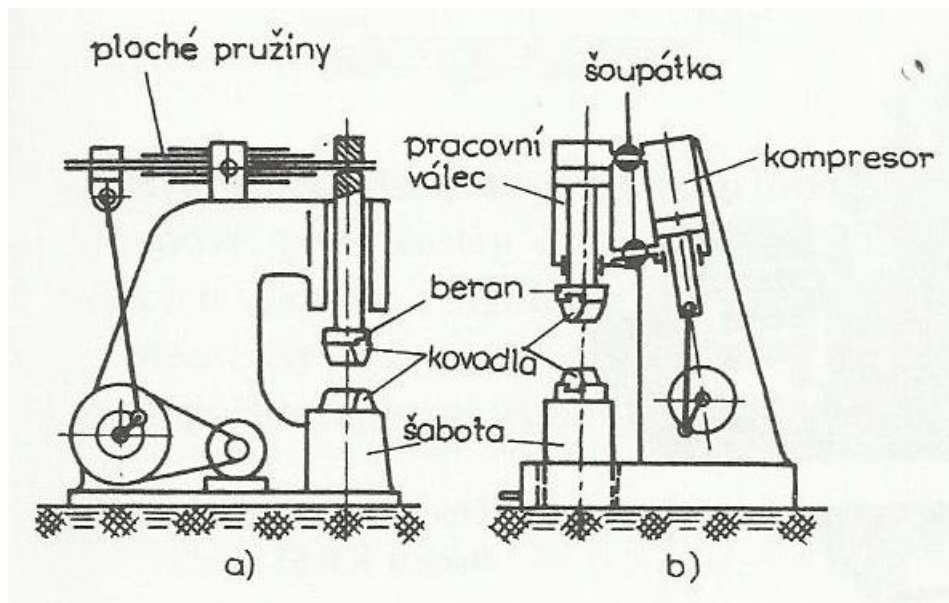
Buchar je energetický tvářecí stroj, který svou energii dodává ve formě kinetické energie beranu. Podle konstrukce buchary lze rozdělit na šabotové, nebo bezšabotové. Šabotové buchary se šabotou v základně stroje jsou vhodné pro volné kování. Bezšabotové buchary jsou takové, které mají místo šaboty další beran [1], [6].

5.1.1 Pružinové buchary

Pružinové buchary (Obr. 14a) patří mezi nejjednodušší tvářecí stroje, jsou většinou poháněné elektrickým motorem, který přenáší moment na klikovou hřídel se setrvačником, která pak zdvihá beran, přechod mezi klikovou hřídelí a beranem je kompenzován pružným elementem. Tento typ bucharů se zejména používá jako náhrada ručního kladiva. Disponují rázovou energií, záleží na hmotnosti beranu, do 0,5 kJ. Touto energií lze tvářet ocel o průřezu 100x100 mm [1].

5.1.2 Pneumatické buchary

Pneumatické buchary (Obr. 14b) jsou poměrně běžné, používají se pro kování malých a středních výkovek a pro předkování polotovaru pro zápustkové kování. Pohyb beranu je umožněn stlačeným vzduchem, který je přiveden do pracovního válce z kompresoru stroje, který je poháněn elektromotorem. Pneumatické buchary se vyrábějí v různých velikostech rázové práce od 0,5 kJ do 30 kJ, kde hmotnost beranu je od 40 kg do 1000 kg [1].



Obrázek 14, Pružinový a pneumatický buchar [9]

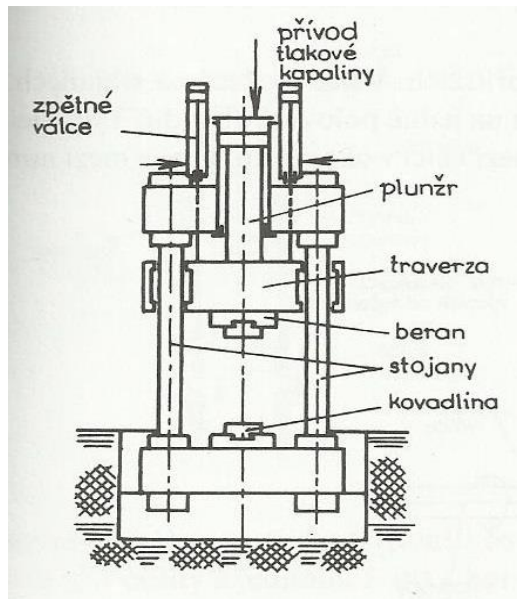
a) Buchar pružinový, b) Buchar pneumatický

5.2 Lisy

Lisy je tvářecí stroje, které působí na tvářené těleso tlakem. Beran má malou rychlost (cm/s). Lisy můžeme rozdělit podle zdroje energie na silové (hydraulické lisy), zdvihové (klikový lis) a energetické (vřetenový lis). Pro volné kování jsou používány lisy hydraulické [1], [6].

5.2.1 Hydraulické lisy

Hydraulické lisy (Obr. 15) jsou tvářecí stroje silové, které předávají svou tvářecí sílu za pomoci tlaku kapaliny, jsou obvykle svislé v provedení dvousloupovým nebo čtyřsloupovým. Tento typ lisu se používá pro kování největších výkovků (ingotů) v ocelářském průmyslu [1], [6].



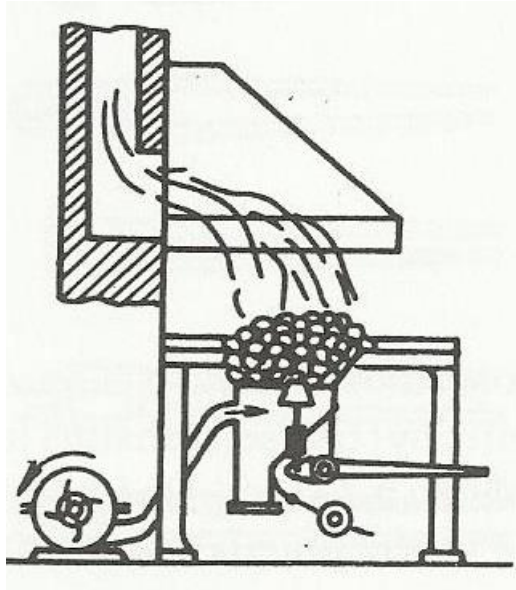
Obrázek 15, Hydraulický lis [8]

5.3 Ohřivací zařízení

Ohřivací zařízení používáme pro nahřátí materiálu na požadovanou teplotu, aby bylo možné ho tvářet. Při volném kování se obvykle používá ohřev v spalinových (plynových) pecích. V zápusťkových kovárnách se uplatňují některé další způsoby ohřevu, jejichž cílem je především urychlit ohřev a snížit opal a oduhličení. Patří k nim ohřev elektrickým proudem, rychlostní ohřev a ohřev v ochranném prostředí. Elektrického proudu se využívá při odporovém a indukčním ohřevu [4].

5.3.1 Kovářská výheň

Kovářské výhně (Obr. 16) jsou nejstarší zařízení pro ohřev kovů. Jedná se o oheň vymezený izolační vrstvou (litinová miska, písková jáma,...), do kterého je přiváděn vzduch ze spodka nebo z boku za pomoci ventilátoru, měchů, kompresoru, apod. Jako palivo je používáno kovářské uhlí, koks, popřípadě dřevěné uhlí. Tyto výhně dosahují vysokých teplot (větší jak tavná teplota oceli), záleží na proudu vzduchu. Kovářské výhně jsou vhodné pro malé výkovky, je možné ohřát středně velké výkovky ale pouze po částech.



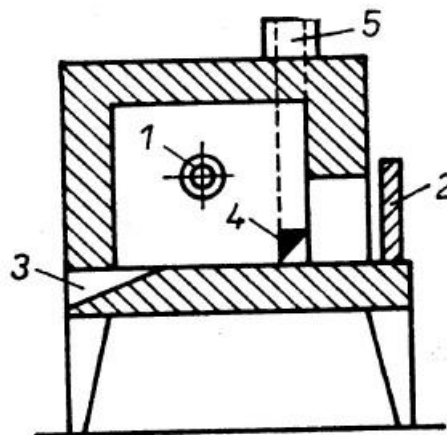
Obrázek 16, Kovářská výheň [8]

5.3.2 Spalinová (plynová) ohřívací pec

Plynové pece můžeme v kovárnách použít pro veliké hmotnostní a objemové rozmezí polotovarů a ingotů. Používané od kusové po hromadnou výrobu spalinové (plynové) ohřívací pece jsou vyráběny v mnoha různých velikostech, výkonech, konfiguracích a využití. Mezi často používané spalinové pece patří [4], [6]:

- Komorové pece s vodorovnou nístějí

Používají se při ohřevu drobných polotovarů pro volné i zápusťkové kování při kusové a malosériové výrobě. Pec se vytápí hořáky v bočních stěnách, kam též v jejich dolní části, zaústí uji odtahové kanály, jimiž proudí spaliny do rekuperátoru [4].

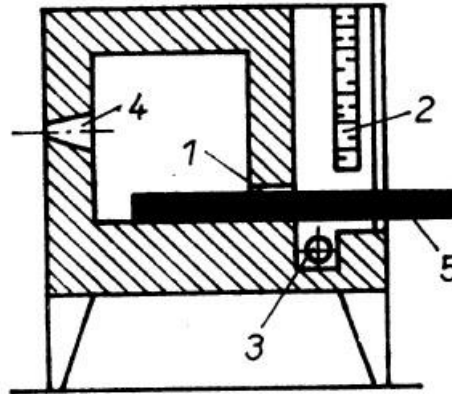


Obrázek 17, Komorová pec s vodorovnou nístějí [4]

1 - hořák; 2 - dvířka; 3 - výpust strusky; 4 - odtahový kanál; 5 - rekuperátor

- Komorové pece štěrbinové

Jsou vhodné pro koncový ohřev tyčí určených k místnímu kování. U pece je sázecí otvor po délce čelní stěny nahrazen úzkou štěrbinou [4].

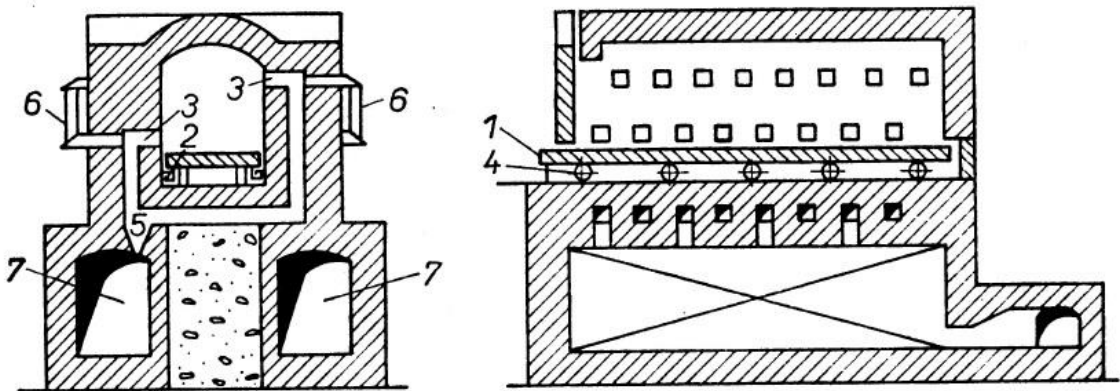


Obrázek 18, Komorová pec štěrbinová [4]

1 - podélná štěrбина; 2 - vodní clona; 3 - vzduchová sprcha; 4 - hořák; 5 - ohříváný polotovár

- Komorové pece s výjezdnou nístějí

Používají se ve volných kovárnách. Slouží k ohřevu ingotů a předkovků. Pec má nístěj v podobě masivního, žárovzdornou vyzdívkou chráněného vozu, který se pohybuje prostřednictvím jednoduchého mechanismu na válečkách [4].



Obrázek 19, Pec s výjezdnou nístějí [4]

1 - výjezdná nístěj; 2 - těsnění nístěje; 3 - hořáky; 4 - volečky; 5 - kanál pro střídavé vpouštění vzduchu k hořákům a spalin do regenerátorů; 6 - přívod plynu; 7 - komory regenerátoru

6 Stroje a nástroje použité při výrobě táhla

V této kapitole jsem provedl popis zařízení, která byla použita pro výrobu táhla.

6.1 Použité stroje a zařízení

1. Buchar pružinový Ajax (model 2)

Jedná se o buchar pružinový vyrobený v roce 1953 o váze beranu 70 kg, zdvihu 220 mm, 225 zdvihů/min a vhodný pro kování hranolu o straně $a = 60$ mm [11].

Buchar Ajax 2 (Obr. 20) byl opatřen tvarovými kovadly pro kování H drážky.



Obrázek 20, Pružinový buchar Ajax 2

2. Pneumatický buchar KB 63

Jedná se o kompresorový buchar (Obr. 21), který má tyto parametry: počet zdvihů za minutu je 205, zdvih beranu 315 mm, energie úderu 63 kJ, vyrobeno v roce 1963. Pro kování byla použita rovná kovadla.

Byl použit pro rovnání táhla, kalibraci výšky profilu H a předkování drážky



Obrázek 21, Pneumatický buchar KB 63

3. Hydraulický lis CBJ 500

Jedná se o hydraulický lis (Obr. 22) o síle 500 tun, průchod mezi stojany 1020 mm a pracovní ploše 1000x1000 mm. Lis byl opatřen rovnými kovadly o rozměrech 150x100 mm [10].

Lis byl používán pro hlavní kovací operace (osazování, prosazování, prodlužování, předkování drážky).



Obrázek 22, Hydraulický lis CBJ 500

4. Plynová pec

Jedná se o průchozí plynovou pec s injektorovými hořáky na propan-butan o výkonu 60 kW, opatřena 12 hořáky a 1500x400 mm velkou nístějí.

Plynová pec byla použita ve většině operací, kde bylo za potřebí ohřát tyče v celé délce. Pohled na plynovou pec je patrný z Obr. 23.



Obrázek 23, Plynová pec

5. Kovářskou výheň

Jedná se o ocelovou výheň s litinovou ohňovou miskou, litinovými ledvinami a přívodem vzduchu ze spodu, jako palivo bylo použito černé uhlí (ořech 1) o průměrné výhřevnosti 29,5 MJ/kg. Tepelný výkon záleží na objemu páleného uhlí a průtoku vzduchu ohněm [12].

Kovářská výheň (Obr. 24) byla použita pro operace, kde jsme nepotřebovali provést ohřev v celé délce tyče (kování drážky, rovnání, zkrucování).



Obrázek 24, Kovářská výheň na černé uhlí

6. Pásová pila

Pásová pila o velikosti prořezu 1 mm byla použita pro dělení polotovaru. Použitá pásová pila je vyznačena na obr. 25.



Obrázek 25, Pásová pila bomar ergonomic 275.230 dg [10]

6.2 Použité nástroje

1. Klapky pro předkování drážky

Klapky jsou přípravek, které se používají pro tvarové předkování určité oblasti výkovku. V mém případě byly použity pro kování obou stran výkovku pro předkování prosazení pro vytváření H drážky. Příklad použitých klapek je patrný z Obr. 26.



Obrázek 26, Klapky pro předkování drážky

2. Kovadla pro kování drážky

Tato tvářecí kovádla byla navržena s ohledem na malý výkon tvářecího stroje. Kovací plocha je navržena jako kruhová plocha, která nám umožní vytvořit větší přetvárný tlak než kovádla rovná. Ukázka spodního kovádla je patrná z Obr. 27.



Obrázek 27, Tvářecí kovádla pro kování drážky táhla

3. Šablony a měřítka

Jako měřítka jsme použili posuvné měřítko, jak analogové, tak digitální (především pro finální kontrolu tvaru výkovku), pro měření velkých rozměrů (především délky) byl použit svinovací metr. Pro měření hlavních rozměrů v průběhu kování byly použity měřicí šablony.

7 Polotovar

Vzhledem k požadavkům na mechanické vlastnosti dílu bylo třeba řešit vhodnou materiálovou jakost. Z uvažovaných jakostí byla nakonec i s ohledem na dostupnost zvolena jakost 15142. Dále na základě výkresu (obrázku 1) byl vytvořen počítačový model, pomocí kterého byl určen požadovaný objem materiálu, (který je $V_{\text{táhla}} = 0,00334 \text{ m}^3$). Tento objem byl zvětšen o velikost přídavek kovářských, na obrábění, a na velikost opalu. Celkový objem požadovaného polotovaru je ($V_{\text{pol}} = 0,00554 \text{ m}^3$).

Souhrnné parametry vztahující se k polotovaru jsou uvedeny níže.

- KR 120x490 – ČSN EN 10060
- Materiálová jakost: 15 142
 - C:0,38-0,45%;Mn:0,5-0,8%;Si:0,17-0,37%;Cr:0,9-1,2%; Mo:0,15-0,3%
 - Vhodná pro povrchové kalení a zušlechťování, použití pro namáhané strojní součásti s požadavkem na vysokou houževnatost a pevnost
- Počáteční hmotnost polotovaru: 43,5 kg

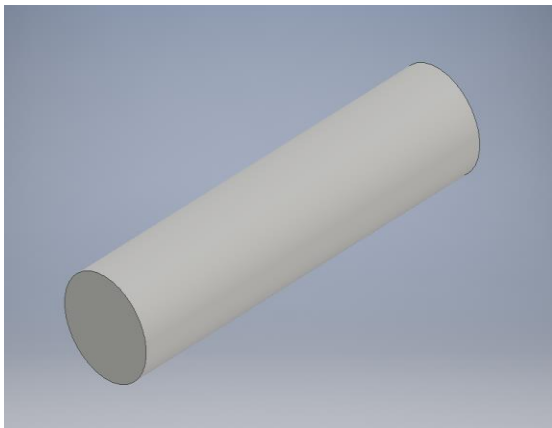
8 Výrobní postup

1. Dělení materiálu

- Z tyče o $\varnothing D = 120$ mm dělíme tyč o délce $l = 490 \pm 2$ mm, prořez pásu $c = 1$ mm.
Následně byla provedena kontrola hmotnosti polotovaru (43,5 kg)

Použité stroje a přípravky:

- Pásová pila
- Váha



Obrázek 28, Model polotovaru



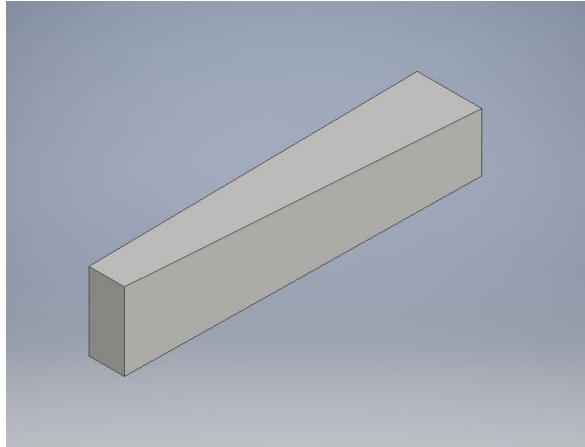
Obrázek 29, Polotovaru ohříváný v peci

2. Předkování profilu – operace prodlužování

- Polotovaru o rozměrech $\varnothing D = 120$ mm, $l = 490$ mm ohřejeme v plynové peci na kovací teplotu (cca 1100°C) a tváříme na hydraulickém lisu CBJ 500 na rozměry 130×55 mm na straně s okem a 90×100 mm na straně s vidlicí, přechod mezi těmito rozměry je plynulý. Pokud kovací teplota klesne pod dolní kovací teplotu, je nutné provést dohřev na kovací teplotu.

Použité stroje a přípravky:

- Plynová pec
- Hydraulický lis CBJ 500
- Rovná kovačnice
- Měřítka a šablony



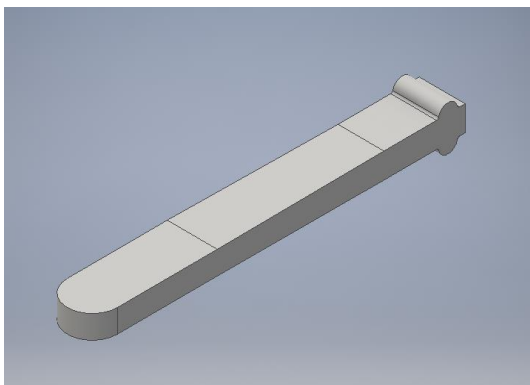
Obrázek 30, Model kroku 2

3. Osazení hlav

- Polotovar získaný předchozí operací ohřejeme v plynové peci na kovací teplotu (cca 1100°C) a tváříme pod hydraulickým lisem CBJ 500. Nejprve osadíme stranu vidlice (90x100 mm) ve vzdálenosti $l_{o1} = 50$ mm od konce tyče na rozměr 60x100 mm, poté osadíme celou tyč na rozměr 40x120 mm a skončíme ve vzdálenosti $l_{o2} = 130$ mm od konce tyče na straně vidlice. Při poklesu teploty pod dolní kovací teplotu je třeba provést dohřev materiálu.

Použité stroje a přípravky:

- Plynová pec
- Hydraulický lis CBJ 500
- Rovná kovádla
- Měřítka a šablony



Obrázek 31, Model kroku 3



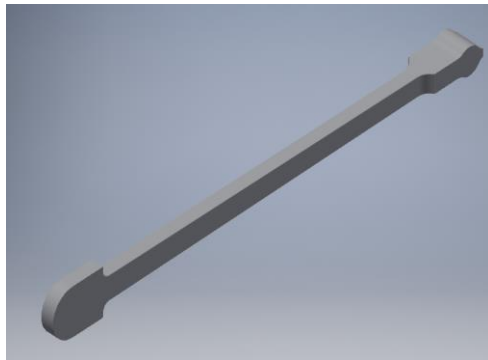
Obrázek 32, Částečně vykováný krok 3 vedle dokončeného výkovku

4. Kování profilu

- Polotovár z předchozí operace nahřejeme v plynové peci na kovací teplotu (cca 1100°C) a tváříme pod hydraulickým lisem CBJ 500. Prosadíme tělo tyče ve vzdálenosti $l_{03} = 240$ mm od hrany oka na rozměry 40x75 mm do vzdálenosti $l_{04} = 195$ mm od hrany vidlice na rozměr 40x55 mm. Přechod mezi těmito dvěma rozměry je plynulý.

Použité stroje a přípravky:

- Plynová pec
- Hydraulický lis CBJ 500
- Měřítka a šablony
- Rovná kovádla



Obrázek 33, Model kroku 4



Obrázek 34, Vykovaný profil polotovaru

5. Prokování drážky

- Polotovár z předchozí operace nahřejeme v kovářské výhni na kovací teplotu (cca 1100°C) a pod pneumatickým buharem KB 63 za pomoci klapky provedeme předkování drážky. Ohřev je prováděn pouze v místě, kde je realizována tvářecí operace, po krátkých úsecích předkováme drážku do hloubky $h = 5$ mm po celé délce těla.
- Polotovár ohřejeme v kovářské výhni na kovací teplotu a pod pružinovým buharem Ajax 2 za pomoci speciálních kovadel prokováme naznačenou drážku do hloubky $h' = 15$ mm.

Použité stroje a přípravky:

- Kovářská výheň
- Pneumatický buchar KB 63

- Pružinový buchar Ajax 2
- Tvarová kovadla
- Měřítka a šablony
- Klapka pro předkování drážky
- Kovadla pro kování drážky



Obrázek 35, Model kroku 5



Obrázek 36, Částečně vykovaná drážka polotovaru

6. Rovnění + kalibrování výšky H profilu

- Polotovar z předchozí operace nahřejeme v kovářské výhni na kovací teplotu (cca 1100°C) a pomocí pneumatického bucharu KB 63 podle potřeby kalibrujeme výšku profilu H drážky, tak aby odpovídala předepsaným rozměrům a měla plynulý průběh z jednoho konce tyče na druhý.
- Výkovek ohřejeme v kovářské výhni na kovací teplotu a pod hydraulickým lisem CBJ 500, pneumatickým bucharem KB 63 nebo svěrákem podle potřeby ohneme, přesadíme nebo zkroutíme tak, aby výkovek odpovídal předepsaným rozměrům a tolerancím.

Použité stroje a přípravky:

- Kovářská výheň
- Pneumatický buchar KB 63
- Hydraulický lis CBJ 500
- Měřítka a šablony

7. Výstupní kontrola

- Výkovek pomocí posuvného měřítka, metru a šablon zkontrolujeme rozměry výkovku, aby odpovídaly předepsaným rozměrům, pokud tak není, opakujeme krok 6.

Použité nástroje:

- Posuvné měřítko
- Svinovací metr
- Šablony



Obrázek 37, Polotovár připravený pro kroucení

9 Závěr

Bakalářská práce se zabývá návrhem technologického postupu výroby táhla parní lokomotivy a zdokumentováním základních problémů při výrobě excentrické tyče parní lokomotivy, která byla vyráběna v laboratořích Ústavu strojírenské technologie, Fakulty strojní, ČVUT v Praze.

V teoretické části se zabývám rozбором různých výrobních metod použitelných pro výrobu zadaného dílu. Z uvažovaných metod byla vybrána nejvhodnější technologie výroby, kterou je technologie volného kování. Tato technologie byla zvolena na základě dostupnosti zařízení v laboratořích Ústavu strojírenské technologie a z hlediska zachování původní výrobní technologie, která byla použita při výrobě originální součásti. Dále je zpracován teoretický popis technologie kování a potřebných výrobních metod a strojů pro uskutečnění výroby.

V praktické části se zabývám návrhem polotovaru pro výkovek a samotným výrobním postupem. Výrobní postup byl navržen za pomoci zkušených pracovníků v oblasti kovářství a poté byla reálně součást vytvořena.

Při výrobě táhla se projevila potřeba pro několik zkušených kovářů, jelikož při výrobě volným kováním jsou důležité rozměry (šířka, délka, výška, souosost, kolmost, apod.) určovány odborným odhadem kováře, které jsou posléze překontrolovány měřicími pomůckami. Dalším důvodem většího počtu pracovníků je hmotnost výkovku, která je na počátku 43,5 kg, manipulace s tímto polotovarem s ohledem na hmotnost a následné rozměry v průběhu kování poměrně obtížná.

Cílem bakalářské práce bylo zjistit, jestli je možné vyrobit součást volným kováním v poměrně malé kovářské dílně s dodržением požadovaných tolerancí a za pomoci pracovníků, kteří neměli předešlé zkušenosti s výrobou dané součásti.

S ohledem na výsledky práce bych doporučoval použití vhodnějšího polotovaru pro zrychlení pracovního procesu (snížení počtu předkovacích kroků/operací) a použití tvářecích strojů s vyššími energosilovými parametry pro efektivnější a rychlejší práci za kovací teploty. Pro vlastní realizaci se nám ale bohužel tento vhodnější polotovar z hlediska dostupnosti nepodařilo sehnat.

Literatura

- [1] PROCHÁZKA, J., ZAHRADNÍK, M., NĚMEC, M., NOVOTNÝ, J. *Technologie slévání, tváření a svařování*. 1.st ed. Praha: Ediční středisko ČVUT, 1982.
- [2] BEDNÁŘ, Bohumír. *Technologičnost konstrukce I*. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005. ISBN 80-01-03268-X.
- [3] NOVOTNÝ, J. a kol.: *Technologie 1*. Skriptum CVUT, Praha, 2001
- [4] GREGER, M.: Studijní opora: Kování. [online]. Vysoká Škola Báňská-Technická univerzita, Ostrava, 2008. Dostupné z <http://www.fmmi.vsb.cz/export/sites/fmmi/cs/studium-a-vyuka/studijni-opory/633-Greger-Kovani.pdf>
- [5] ZLÍNSKÝ, Zbyněk. Parní lokomotivy na našich kolejích: řada 464.0. *Vlaky.net* [online]. Bratislava, 9.2.2011 [cit. 2018-08-09]. Dostupné z: <https://www.vlaky.net/zeleznice/spravy/3871-Parni-lokomotivy-na-nasich-kolejich-rada-4640/>
- [6] PETRUŽELKA, Jiří a Richard BŘEZINA. *Úvod do tváření I*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 80-7078-877-1.
- [7] *Technologie objemového tváření - Kování* [online]. Liberec [cit. 2018-08-09]. Dostupné z: http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce/03.htm
- [8] *Tváření kovů - kování*. *Coptkm* [online]. [cit. 2018-08-09]. Dostupné z: <https://coptkm.cz/portal/reposit.php?action=0&id=38845&revision=-1&instance=2>
- [9] *Kování*. *Mlgeardesign* [online]. 15.4.2015 [cit. 2018-08-09]. Dostupné z: <http://mlgeardesigns.blog.cz/1504/kovani>
- [10] *Lis hydraulický CBJ 500*. *Sovex* [online]. [cit. 2018-08-09]. Dostupné z: <https://www.sovex.cz/component/mtree/lisy/hydraulicke/lis-hydraulicky-cbj-500>
- [11] *Tabulka pro Ajaxe*. *Kovarstvi-jen-tak* [online]. 1. 11. 2007 [cit. 2018-08-09]. Dostupné z: <http://www.kovarstvi-jen-tak.estranky.cz/clanky/neco-o-bucharu/tabulka-pro-ajaxe.html>
- [12] *Paliva a energie*. *Atmos* [online]. [cit. 2018-08-09]. Dostupné z: <https://www.atmos.eu/paliva-a-energie/>
- [13] *Třískové obrábění* [online]. In: . [cit. 2018-08-09]. Dostupné z: <http://www.kovovyroba-brazda.cz/kovovyroba-triskove-obrabeni-str-10-1-5-2.html>

- [14] Tavení a odlevání. In: *Kdynium* [online]. [cit. 2018-08-09]. Dostupné z: <http://www.kdynium.cz/taveni-a-odlevani.aspx>
- [15] Jaký je rozdíl mezi měkkým pájením, tvrdým pájením a svařováním?: Svařování. In: *E-konstrukter* [online]. 15.11.2015 [cit. 2018-08-09]. Dostupné z: <https://e-konstrukter.cz/novinka/jaky-je-rozdil-mezi-mekkym-pajenim-tvrdym-pajenim-a-svarovanim>
- [16] Kování zápustkových výkovků. In: *Ostroj* [online]. 2012, 15.11.2015 [cit. 2018-08-09]. Dostupné z: <http://www.ostroj.cz/kovani-zapustkovych-vykovku>
- [17] Kování. In: *Msvmetal* [online]. 2012 [cit. 2018-08-09]. Dostupné z: <http://www.msvmetal.eu/kovani/>
- [18] ČAMEK, L., FABÍK, R.: Studijní opora: Metalurgické technologie. [online]. Vysoká Škola Báňská- Technická univerzita, Ostrava, 2013. Dostupné z http://katedry.fmfi.vsb.cz/Opory_FMFI/618/618_Metalurgicke_technologie.pdf

Seznam obrázků

Obrázek 1 Originální výkres táhla kulisy parní lokomotivy 464.....	7
Obrázek 2, Lokomotiva ČSD 464.048 na továrním snímku [5].....	8
Obrázek 3, Třískové obrábění na soustruhu [13].....	9
Obrázek 4, Odlévání oceli do forem [14]	10
Obrázek 5, Svařování elektrickým obloukem [15].....	10
Obrázek 6, Zápustkové kování [16].....	11
Obrázek 7, Volné kování [17].....	12
Obrázek 8, Graf tvářecích teplot [18]	14
Obrázek 9, Operace prodlužování na plochých kovádlech [4].....	17
Obrázek 10, Zkrucování pomocí přípravku [4]	18
Obrázek 11, Pěchování [4].....	18
Obrázek 12, Ohýbání a vliv deformace kruhového a čtvercového materiálu [4]	19
Obrázek 13, Osazování a prosazování [4]	19
Obrázek 14, Pružinový a pneumatický buchar [9]	21
Obrázek 15, Hydraulický lis [8]	22
Obrázek 16, Kovářská výheň [8]	23
Obrázek 17, Komorová pec s vodorovnou nístějí [4].....	23
Obrázek 18, Komorová pec šterbinová [4]	24
Obrázek 19, Pec s výjezdnou nístějí [4]	24
Obrázek 20, Pružinový buchar Ajax 2.....	25
Obrázek 21, Pneumatický buchar KB 63.....	26
Obrázek 22, Hydraulický lis CBJ 500	27
Obrázek 23, Plynová pec	28
Obrázek 24, Kovářská výheň na černé uhlí	28
Obrázek 25, Pásová pila bomar ergonomic 275.230 dg [10].....	29
Obrázek 26, Klapky pro předkování drážky	29
Obrázek 27, Tvářecí kovádla pro kování drážky táhla	30
Obrázek 28, Model polotovaru	32
Obrázek 29, Polotovar ohříváný v peci	32
Obrázek 30, Model kroku 2	33
Obrázek 31, Model kroku 3	33
Obrázek 32, Částečně vykováný krok 3 vedle dokončeného výkovku	33
Obrázek 33, Model kroku 4	34
Obrázek 34, Vykováný profil polotovaru	34
Obrázek 35, Model kroku 5	35
Obrázek 36, Částečně vykovaná drážka polotovaru	35
Obrázek 37, Polotovar připravený pro kroucení.....	36

Seznam příloh na CD

Příloha 1: Výkres táhla parní lokomotivy

Příloha 2: Fotodokumentace výroby táhla