



Středoškolská technika 2018

**Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na
ČVUT**

Pístový kompresor

Radovan Grepl

Střední průmyslová škola strojnická

třída 17. listopadu, Olomouc

Děkuji svému vedoucímu maturitní práce Ing. Borisi Šmárikovi za čas, který mi věnoval, za cenné rady a za pozornost. Dále bych chtěl poděkovat panu Martinu Krátkému za propůjčení kompresoru a všech technických podkladů. V neposlední řadě bych rád poděkoval všem ostatním kantorům, kteří se podíleli na tvorbě mé maturitní práce.

Obsah

Obsah	3
1 Úvod.....	4
2 Princip pístových kompresorů.....	5
2.1 Další zařízení na stlačování vzduchu	7
3 Rozdělení kompresorů.....	8
3.1 Kompresory objemové.....	9
3.2 Požadavky na funkci, konstrukci a provoz kompresoru	10
4 Výroba kompresorů značky Press-Hammer.....	11
4.1 Hlavní výrobky firmy Press-Hammer.....	11
5 Kompresor Classic17	12
5.1 Hlavní části kompresoru:	13
5.1.1 Kompresor.....	14
5.1.2 Tlaková nádoba (vzdušník).....	17
5.1.3 Kryt řemenů	19
5.1.4 Regulace při stálých otáčkách:.....	19
6 Údržba a provoz pístového kompresoru.....	20
7 Výpočtová část	22
8 Technologická část.....	26
9 Ekonomická část	32
10 Závěr.....	34

1 Úvod

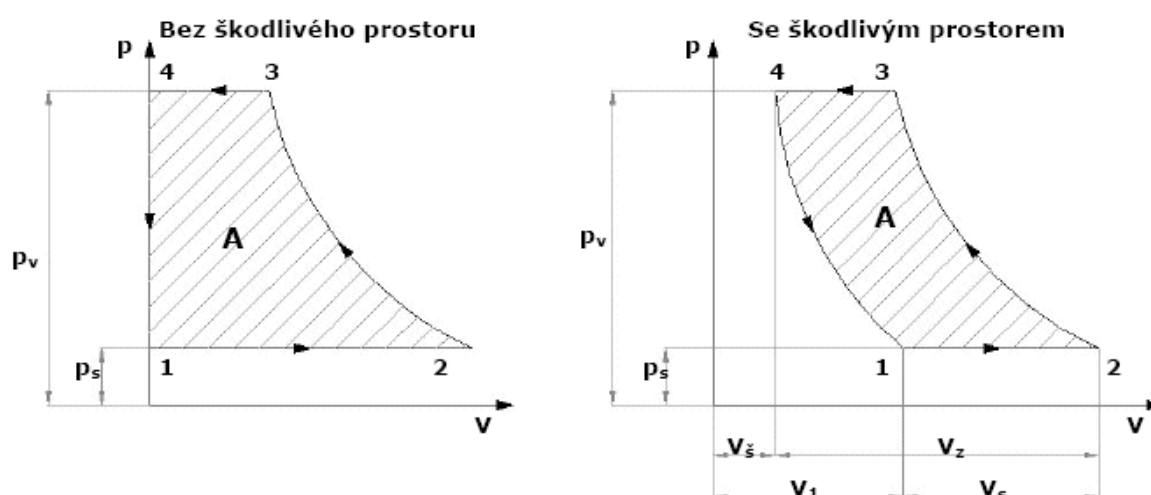
Pro svoji maturitní práci jsem si vybral dvou pístový kompresor. V principu je to zařízení, které slouží ke stlačování plynů a par. Ke stlačování se používají písty chodící ve válci. Stlačený vzduch je následně dopraven hadičkami do tlakové nádoby, kde je připraven na další použití. Dlouho jsem se rozhodoval, ale nakonec jsem si zvolil pístový kompresor, protože jsem měl k dispozici přesný typ výrobku, který jsem si mohl rozebrat a následně vymodelovat. K dispozici jsem měl katalogy a všechny návody k obsluze.

Cílem práce je vymodelování 3D modelu kompresoru v Autodesk Inventor. Dále virtuálně obrobí v programu Surfcam výkovek ojnice a první část klikové hřídele včetně vygenerování NC kódu, potřebného pro výrobu dílu v CNC zařízení. Po technické stránce, je část technologická, kde se zaměřím na technologii obráběných dílů. Potom následuje část ekonomická, kde se zaměřím na kalkulaci nákladů na výrobu ojnice. Po ekonomické části následuje část výpočtová, kde se zabývám kontrolním výpočtem převodu pohonu klínovým řemenem. V textové části se zaměřím na problematiku jednotlivých dílů a celkovou konstrukci pístového kompresoru. Ze sestavy klikového mechanismu udělám jednotlivé výkresy všech součástí i výkres sestavy.

2 Princip pístových kompresorů

Pracovní oběh pístového kompresoru je dán vratným pohybem pístu zkráceného klikového mechanismu. Píst koná dvě fáze: sací a výtlačná. Při sacím zdvihu je plyn nasáván otevřeným sacím ventilem (při zavřeném výtlačném ventilu) do prostoru na píst. Sání není během celého zdvihu. Nejdříve se rozpíná plyn, který zbyl mezi dnem válce a pístem v krajní poloze (ve škodlivém prostoru). Až jeho tlak klesne (zvětšením objemu ve válci), začne sání. Kdyby byl škodlivý prostor příliš velký, kompresor by vůbec nesál, jen by se v něm rozpínal a stlačoval zbytek plynu. Při zpětném chodu pístu se plyn stlačí a pak teprve se vytlačí přes ventil do potrubí. Stroj může být opět jednočinný (pracuje jen jedna strana pístu) nebo dvojčinný. Píst musí být utěsněn několika pístními kroužky. (1)

Teoretický P-v diagram kompresoru

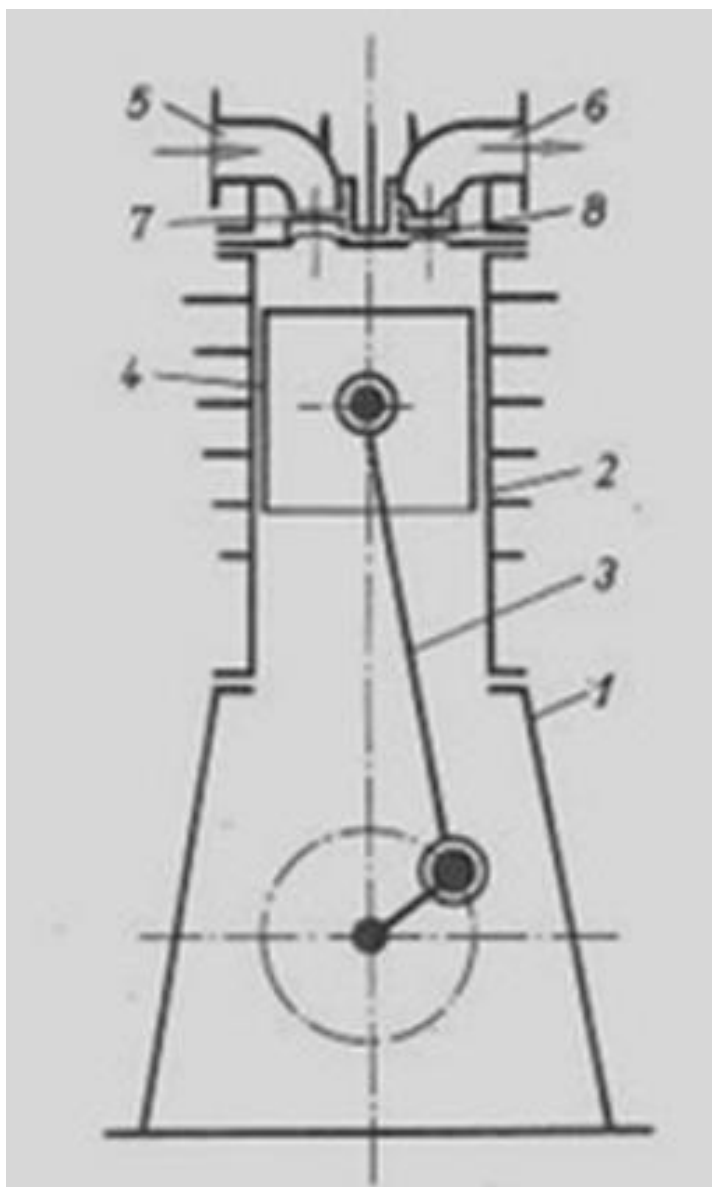


Obrázek 1 P-v diagramy kompresoru (2)

Kompresor bez škodlivého prostoru je skoro nemožné vyrobit. Vyšrafovaná část v diagramu tvoří práci, kterou kompresor vykonává.

Stlačený plyn se zahřívá, proto se musí chladit. U větších strojů se k chlazení používá voda, u menších stačí vzduch. Příliš zahřátý plyn by spaloval olej a píst by se zadřel. Také se zahřátím zvětšuje objem plynu. Pístem pohybuje klikový mechanismus, který je poháněn motorem.

Schéma pístového kompresoru:



Legenda:

1. Kliková Skříň
2. Válec
3. Ojnice
4. Píst
5. Sací hrdlo
6. Výtlačné hrdlo
7. Sací ventil
8. Výtlačný ventil

Obrázek 2 Schéma pístového kompresoru (10)

Na vysoké tlaky se stlačuje plyn postupně v několikastupňových kompresorech a při přechodu z jednoho válce do druhého se chladí. Stlačením se objem zmenšuje. Běžné kompresory v dílnách pracují samočinně, je-li v tlakové nádobě (vzdušníku) zásoba vzduchu, elektromotor se zastaví, a opět se zapne, jakmile tlak vzduchu klesne.

Stlačeným vzduchem se dají pohánět pneumatické stroje. Malé kompresory dodávají stlačený vzduch lakovacím pistolím nebo na ofouknutí různých částí strojů. Bývají přenosné, chlazené jen vzduchem (proto jsou válce hustě žebrované). Vzduch je nasáván přes filtr.



Obrázek 3 Tří pístový kompresor (3).

2.1 Další zařízení na stlačování vzduchu

Zařízení podobné kompresorům jsou pístové a odstředivé dmýchadla:

Pístové dmýchadlo - Stlačuje vzduch na malý tlak. Dodává se ve velkém množství do vysokých pecí nebo slouží jako větrání v dolech.

Odstředivé dmýchadlo – (turbodmýchadlo) velké otáčky, lopatkové kolo ve spirálovité skříni, velmi vysoké tlaky – několik kol za sebou (max. 50), plyn se musí vydatně chladit. (4)

3 Rozdělení kompresorů

Podle způsobu zvyšování tlaku je dělíme na:

1. Objemové
2. Rychlostní, kde se dosahuje zvýšení tlaku zrychlením proudícího plynu a po něm následující přeměnou kinetické energie v tlak. Typickým příkladem je turbokompresor.

Podle výtlačného tlaku:

- Vývěvy
- Dmýchadla
- Kompresory

Podle konečného tlaku:

- na nízkotlaké (do 2.5MPa)
- středotlaké (2.5 až 10 MPa)
- vysokotlaké (nad 10 MPa).

Podle počtu stupňů:

- 1stupňové
- 2stupňové
- Více stupňové



Obrázek 4 Jedno pístový kompresor (vlevo) dvou pístový kompresor (vpravo) (5)

3.1 Kompresory objemové

Zařízení, kde zvýšení tlaku probíhá zmenšováním prostoru, v němž je stlačovaný plyn uzavřen pohybujícím se pístem.

Kompresory se dále dělí podle konstrukce na:

Pístový kompresor s posuvným pohybem pístu

Dosahuje se v něm změny objemu plynu přímočarým vratným pohybem pístu ve válci. Při pohybu pístu dolů se plyn sacím ventilem nasává, při pohybu vzhůru se plyn stlačuje a pak vytlačuje výtlačným ventilem z válce. Písty bývají většinou poháněny otáčením klikové hřídele. Tato provedení mohou být buď mazaná olejem, kdy klikový mechanismus rozstříkuje olej, nebo bezolejový způsob. (5)

Rotační pístový kompresor

U kompresoru se dosahuje změny objemu pístem, nebo písty otáčejícími se kolem osy rovnoběžně s osou válce

- Lamelový

Rotující píst má lamely uložené v podélných drážkách pístu tak, že jsou přitlačovány odstředivou silou ke stěně válce. Plyn se nasává otvorem a vytlačuje se jiným otvorem.

- Dvourotorový

Dva rotační písty se po sobě odvalují a dopravují plyn v komorách vytvořených stěnami rotoru a statoru, ze sacího otvoru do výtlačného.

- Vodokružný

Plyn se dopravuje v komůrkách vytvořenými pevnými křídly výstředně uloženého rotoru a vodním prstencem, který obíhá ve statoru. Plyn vstupuje sacím otvorem a odchází výtlačným otvorem v čelní stěně rotoru.

- Šroubový

Podobný dvourotorovému, ale používají se dva do sebe zapadající šrouby (6)

3.2 Požadavky na funkci, konstrukci a provoz kompresoru

- dobrá těsnost
- co nejmenší průtočná plocha
- malé průtokové odpory
- malý zdvih
- malá hmotnost
- malý škodlivý prostor
- tichý a klidný chod
- nízká cena
- dlouhá životnost
- spolehlivost
- jednoduchá oprava
- snadná manipulace
- jednoduché ovládání

4 Výroba kompresorů značky Press-Hammer

Zakladatel firmy, pan Zdeněk Hammer, se generálními opravami kompresorů zabývá již od roku 1985. Své zkušenosti z minulých let využil a v květnu 1992 založil firmu PRESS-HAMMER. V prvních třech letech nabízel služby především v oblasti generálních oprav kompresorů, ale v roce 1995 zahájil spolupráci s výrobcí a svou podnikatelskou činnost rozšířil i o prodej pístových a šroubových kompresorů včetně veškerého příslušenství. Načerpané znalosti mu pomohly rychle proniknout do nových technologií a během krátké doby se stal spolehlivým partnerem řadě zákazníků z širokého průmyslového odvětví.

Firmu postupně rozšiřoval a v roce 2004 založil novou společnost PRESS-HAMMER s.r.o. Ve stejném roce zakoupil také starší objekt poblíž Mnichova Hradiště, který opravil a o rok později zde otevřel novou provozovnu.

Nové prostory umožnily odstartovat výrobu vlastních pístových kompresorů, které se počátkem roku 2009 uvedly na českém a slovenském trhu. Spolupráce s firmami po celém Česku a Slovensku zajistila trvalý odbyt kompresorů do každé dílny. (7)

4.1 Hlavní výrobky firmy Press-Hammer

V současnosti se firma zabývá především těmito problémy:

- Výroba a prodej kompresorů
- Výroba hydraulických hadic
- Distribuce náhradních dílů
- Generální opravy
- Servis a půjčovna

Největší objem výroby je v oblasti výroby kompresorů. Firma začala s výrobou pístových kompresorů a v dnešní době má v České republice největší sortiment. Do popředí se dostává šroubový kompresor. Tyto dvě odvětví tvoří 42 % tržbu firmy.

5 Kompressor Classic17

Kompressor Classic17 je pístový kompresor z řady Classic. Kompressor je vybaven tlakovou nádobou, motorem Siemens, hnaným a hnacím kolem a dalšími pojistnými prvky, které zajišťují správný chod kompresoru.



Obrázek 5 Základní stroj pístového kompresoru s poháněným kolem

Základní údaje

Motor	2,2	kW
Otáčky hlavy kompresoru	1100	Ot/min
Počet válců	2	-
Průměr válce	65	mm
Zdvih válce	46	mm
Nasávané množství vzduchu	335	L/min
Pracovní tlak	8	Bar
Maximální tlak	10	Bar
Váha	23	Kg
rozměry	390 x 290 x 330	mm

Tabulka 1 Tabulka základních údajů (3)

5.1 Hlavní části kompresoru:

Kompresor má čtyři hlavní části: motor, základní stroj (kompresor), tlakovou nádobu a kryt řemenů.

1. Základní stroj (kompresor)

Pevné části:

2. Sací filtr
3. Hlava kompresoru
4. Válec
5. Sestava ventilů

Pohyblivé části:

Kliková hřídel, ojnice, písty

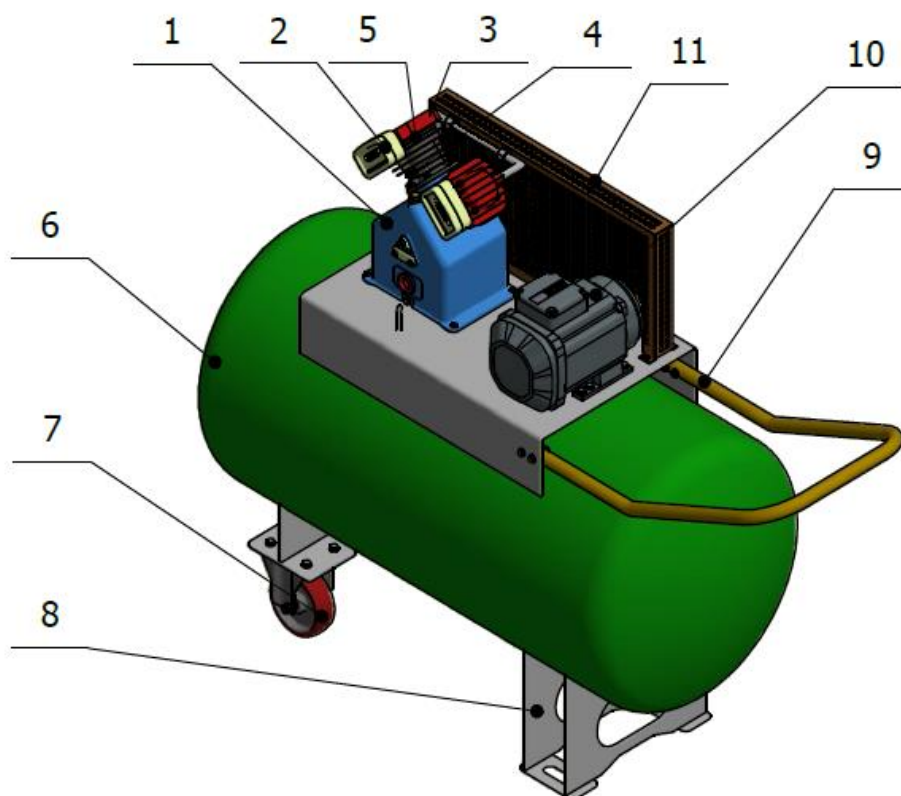
6. Tlaková nádoba

7. Zadní kolečka
8. Stojan
9. Madlo

10. Pohon

Motor pohání hnací a hnané kolo pomocí klínového řemene.

11. Kryt řemenů, který chrání pohyblivé části pohonu.



Obrázek 6 Hlavní části kompresoru Classic17

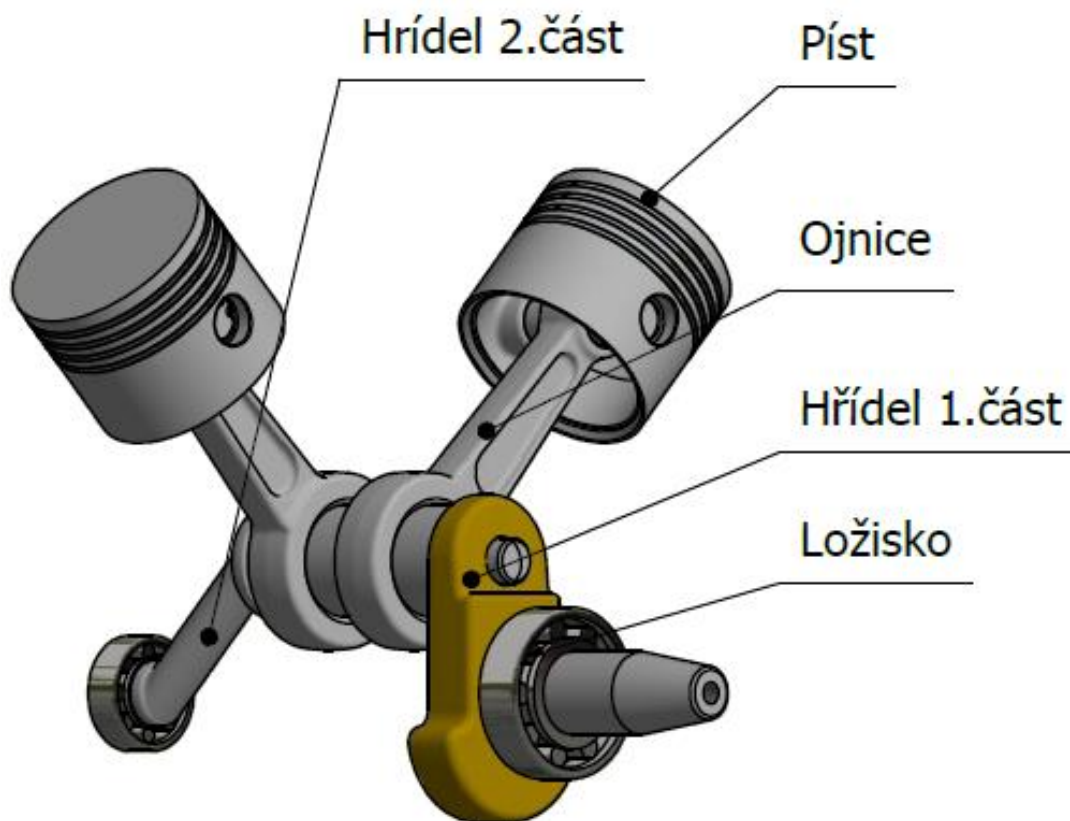
5.1.1 Kompresor

V kompresoru je kliková hřídel, která pohání dva písty, které běhají ve válcích a stlačují vzduch do tlakové nádoby. Kliková hřídel je poháněna motorem přes řemenový převod. V základní stroji musí být olejznak, protože kliková hřídel je mazána olejem. Kompresor musí obsahovat difuzor. Difuzor je součástí, která je našroubovaná v obalu a jejím úkolem je vyrovnávat tlaky v kompresoru, které vznikly zpětným pohybem pístu.

Pohyblivá část kompresoru

Pohyblivá část se skládá z klikové hřídele, dvou ojníc a dvou pístů. Kliková hřídel je uložena na dvou ložiscích. Ložiska musí být válečková, neboť přenáší jak radiální tak axiální síly. Kliková hřídel se skládá ze dvou částí, které jsou do sebe zalisované. Díky tomu mohou být ojnice z jednoho kusu a nemusí být dělené. Ojnice jsou volně uloženy na klikové hřídeli a následnou montáží se díky pístům ve válcích samy posunou do správné polohy. Tento systém umožňuje snadnější montáž.

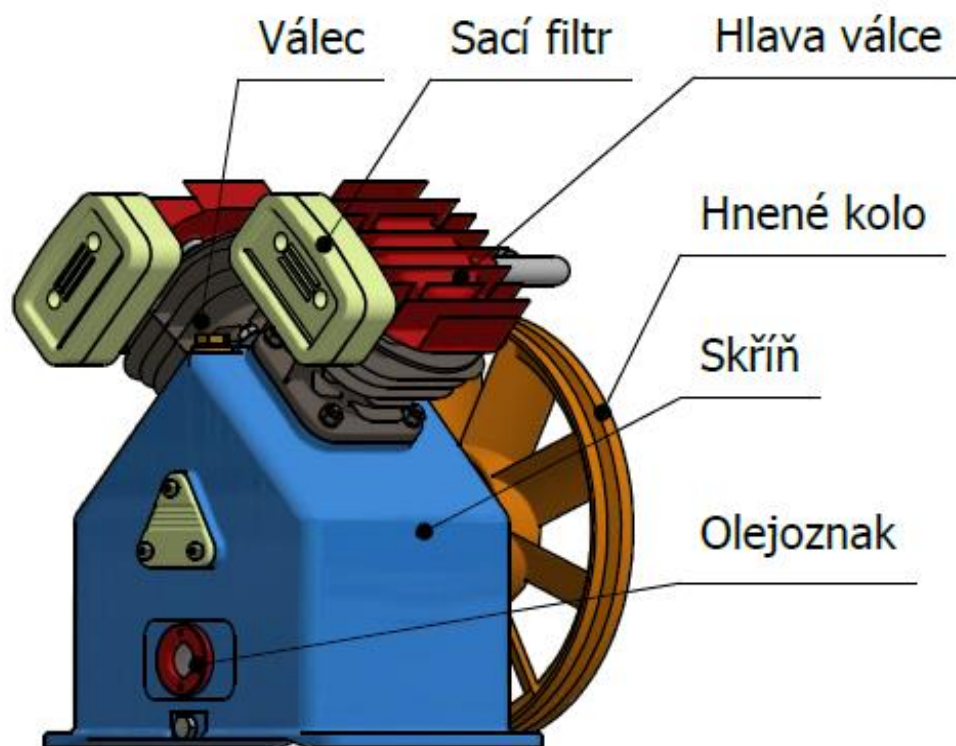
Písty se pohybují ve válcích, kde dochází ke stlačování a nasávání vzduchu. Písty jsou vybaveny těsnicími kroužky, které zabraňují unikání stlačeného vzduchu z pracovního prostoru.



Obrázek 7 Sestava klikové hřídele

Pevná část kompresoru

Hlavní částí pevné části je blok hlavy kompresoru, na které jsou přišroubované válce, ventily a hlavy kompresoru. Válce jsou umístěny pod úhlem 90°. Hlavy jsou propojeny dochlazovačem, který spojuje oba pracovní prostory s tlakovou hadicí, která přivádí stlačený vzduch do tlakové nádoby. Z druhé strany hlavy jsou přišroubované sací filtry. Zároveň se přes dochlazovač stlačený plyn ochlazuje. Mezi válcem a hlavou kompresoru musí být umístěn ventil, který zabraňuje zpětnému proudění vzduchu zpátky do okolí. Na válcích i na hlavách musí být žebra. Žebra slouží k ochlazování kompresoru, protože se teplo rozšíří po celé ploše a okolní prostředí ochlazuje kompresor.



Obrázek 8 Sestava bloku hlavy kompresoru

Mazání kompresoru

Maže se válec a klikový mechanismus. Klikový mechanismus se maže rozstříkáváním pomocí pohybu setrvačnicku. Kompresory jsou naplněny minerálním olejem PH VDL100, který vyhovuje pro celoroční provoz. (7)



Obrázek 9 Kliková hřídel se setrvačnickem

Sací filtr

Je to v podstatě plastový výlisek (tlumič filtru), ve kterém je vložen sací filtr (filtrační vložka). Častá výměna je velice důležitá pro dlouhodobý provoz. Sací filtr je umístěn na hlavách sání kompresoru.



Obrázek 10 Filtrační vložka (vlevo) tlumič filtru (vpravo)

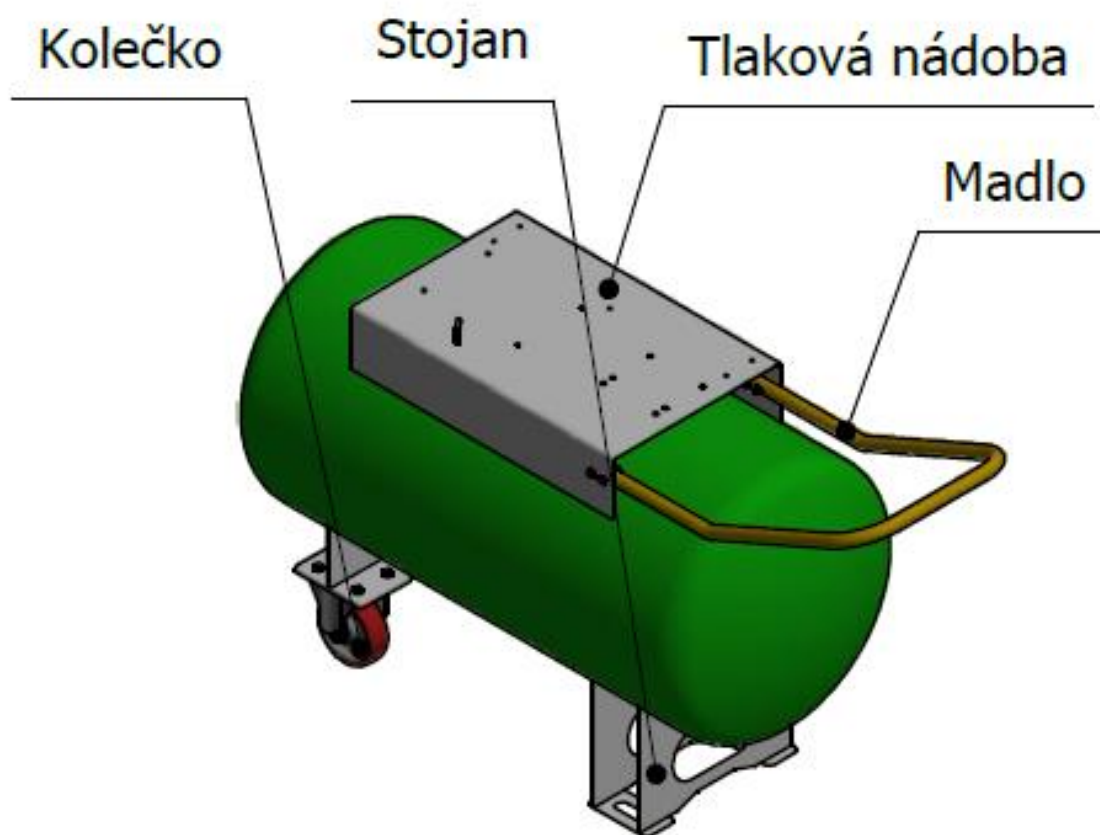
5.1.2 Tlaková nádoba (vzdušník)

Tlaková nádoba je svařenec se stejnou tloušťkou materiálu. Na tlakovou nádobu jsou dále navařeny držáky na kolečka, stojan, podstava pro uchycení motoru, kompresoru a krytu řemenů. Tlakové spínače, manometry a hadičky nejsou předmětem mé práce, tudíž nejsou vymodelovány a nejsou ani na obrázku.

Ve spodu tlakové nádoby musí být otvor, který slouží k vypouštění kapaliny z tlakové nádoby. Jak se horký plyn ochlazuje, tak páry kondenzují a mění se na vodu, která zůstává na dně vzdušníku. Kdyby se neodpouštěla, tak za nějaký čas by se její objem zmenšil na tolik, že by kompresor přestal fungovat.

Madlo je v podstatě ohnutá trubka, která se přišroubuje k podstavě. Pomocí madla se dá s celým kompresorem snadno manipulovat.

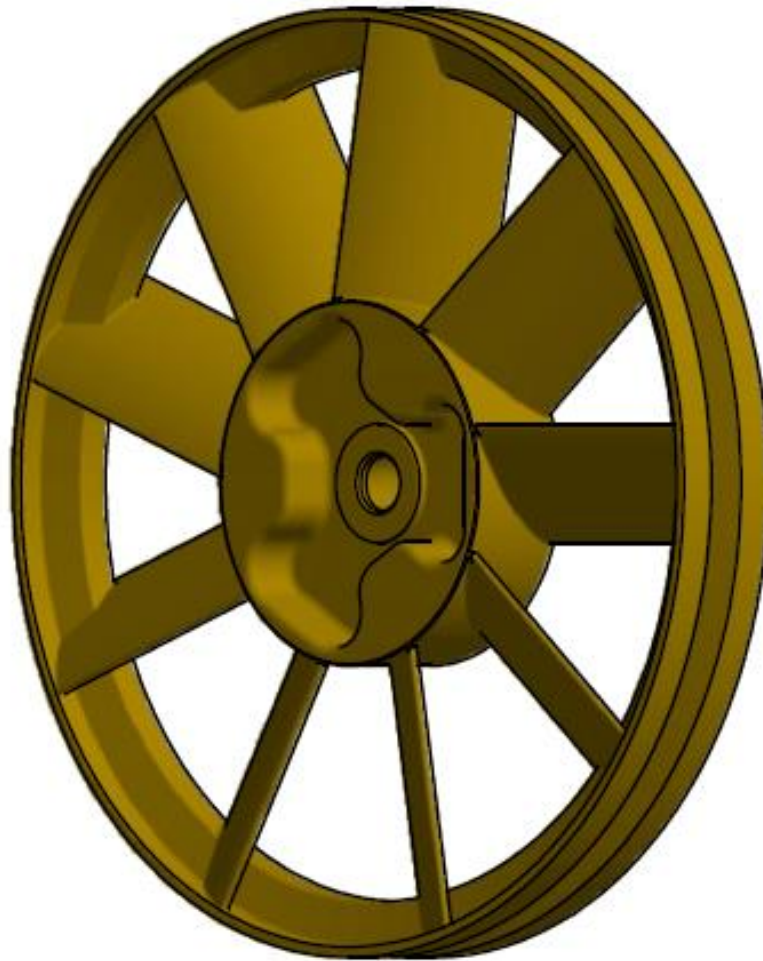
Kolečka jsou obyčejné nakupované součásti, které se přišroubují k držákům. V našem případě máme dvě kolečka a stojan na druhé straně, ale existuje varianta se třemi kolečky, z nichž jedno je aretační.



Obrázek 11 Tlaková nádoba sestava

Motor Siemens, hnané a hnací kolo

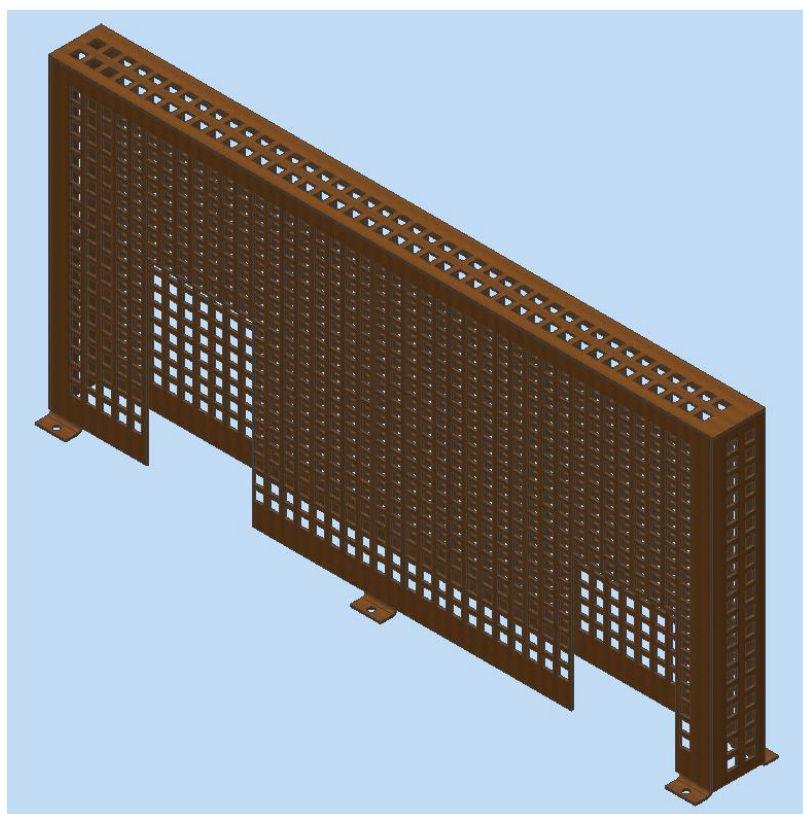
Elektromotor s výkonem 2,2 kW se přišroubuje k podstavě. Na hřídel, která vychází z motoru je přidělané hnací kolo, které přes řemen roztáčí hnané kolo. Hnané kolo roztáčí klikovou hřídel. Elektromotor nebyl součástí mé práce, tak je model pouze stažený z internetu. Kompresor musí umožňovat neustálé napnutí klínového řemene, aby nedošlo k prokluzu.



Obrázek 12 Hnané kolo

5.1.3 Kryt řemenů

Skládá se ze čtyř k sobě svařených plechů. Slouží jako ochrana před nebezpečím vzniku úrazu. Díky odlehčení můžeme vidět, jestli klínovému řemenu něco nebrání v pohybu. Je přišroubován pěti šrouby. Čtyři, jsou po stranách a jeden je mezi kompresorem a motorem, aby snížil vibrace způsobené pohybem řemenového kola. Z jedné strany musí být otvory pro kola.



Obrázek 13 Kryt řemenů

5.1.4 Regulace při stálých otáčkách:

- zastavením a spouštěním motoru
- trvalým otevřením sacího ventilu
- uzavřením sání
- škrcením sání
- přepouštěním plynů

6 Údržba a provoz pístového kompresoru

Údržba a provoz je velice důležitá kvůli správné funkci kompresoru. Zákazník musí dbát na správné plnění všech doporučení a kontrol.

Intervaly údržby:

Po prvních 50 hodinách provozu:

- výměna oleje
- dotažení šroubů hlav kompresorů

Týdně:

- odpustit kondenzát ze vzdušníku (nejlépe po každém použití)
- kontrola hladiny a barvy oleje
- kontrola sacích filtrů
- vizuální kontrola elektro částí (motor, manostat, přívod el. energie) zda nejsou poškozeny

Měsíčně:

- kontrola napnutí klínových řemenů
- kontrola úniků oleje a stlačeného vzduchu
- kontrola a dotažení šroubových spojů

Každých 6 měsíců, nebo po 300 hodinách provozu (co nastane dřív):

- výměna oleje
- výměna sacích filtrů
- dotažení šroubů na hlavách válců

Ročně, nebo každých 600 provozních hodin (co nastane dřív):

- výměna hnacích řemenů
- kontrola, případně výměna zpětného ventilu
- kontrola tlakového spínače, utažení všech připojovacích svorek (dotažení průchodek)
- kontrola upevnění přívodního kabelu

Každé dva roky:

- kontrola ventilů (8)

Provoz:

- Kompresor může být používán pouze v dobře odvětraném a nevýbušném prostředí při okolní teplotě +5 až +40 °C, v dostatečné vzdálenosti od hořlavých látek.
- Kompresor není určen do nadměrně prašných provozů.
- Kompresor je určen pro připojení elektrické energie 400/50Hz.
- Přívod elektrické energie musí být opatřen předřadným zkratovým jističem a doplněn ochranou proti přetížení motoru nastavené technickými údaji.
- Kompresor musí být postaven na rovné a suché místo.
- Kompresor musí být dostatečně zásoben olejem.

7 Výpočtová část

Motor Siemens výkon $P = 2,2 \text{ kW}$

Jmenovité otáčky :	$n_1 =$	2880	min^{-1}
Jmenovitý výkon :	$P =$	2,2	kW
Jmenovitý moment :	$M =$	7,33	N.m
Poměr při spouštění :	$Mz/Mn =$	2,9	-

Výstupní otáčky :	$n_2 =$	1100	min^{-1}
Denní doba provozu :	$t =$	10	hod
Předběžná vzdálenost os řemenic :	$A' =$	300	mm
Skruz :	$\psi =$	4	%

1. VÝPOČET PŘEVODOVÉHO POMĚRU

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{2880}{1100} = \mathbf{2,62}$$

2. VÝPOČET OBVODOVÉ RYCHLOSTI

$$v = \frac{d_p * n_1}{19100} < 40$$

$$v = \frac{130 * 2880}{19100} < 40$$

$$v = \mathbf{19,61 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}} < 40$$

Vypočítaná hodnota obvodové rychlosti vyhovuje podmínce

3. VÝPOČET PRŮMĚRU VELKÉ ŘEMENICE

Průměr velké řemenice jsem si mohl změřit z modelu, který jsem měl k dispozici.

$$D = 270 \text{ mm}$$

4. PŘENÁŠENÝ VÝKON

$$P_x = P * c_2$$

$$P_x = 11. * 1,1$$

$$P_x = 2,42 \text{ kW}$$

Tabulka 4-Určení součinitele c2-pro lehké pohony

Příklady pracovních strojů	Příklady hnacích strojů					
	Střídavé a stejnosměrné elektromotory s normálním rozběhem až do dvojnásobného jmenovitého momentu motoru			Střídavé a stejnosměrné elektromotory s větším zátěžným momentem (nad dvojnásobný jmenovitý moment motoru,		
1	2			3		
Lehké pohony Odstředivá čerpadla, turbokompresory Pásové dopravníky Ventilátory a čerpadla do 7,5 kw	Součinitel provoz. zatížení c ₂ pro denní provozní dobu					
	do 10 h	10 až 16	nad 16	do 10 h	10 až 16	nad 16
	1,0	1,1	1,2	1,1	1,2	1,3

Tabulka 2 Určení součinitele c2

Předpokládáme, že kompresor je v provozu maximálně 16 hodin denně.

5. ÚHEL OPÁSÁNÍ MALÉ ŘEMENICE

$$\beta \sim 180 - 60 * \frac{D_p - d_p}{A}$$

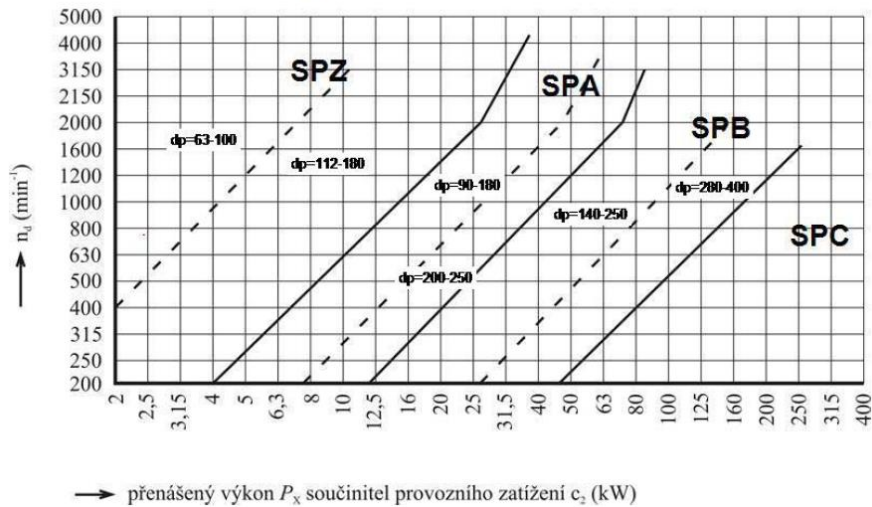
$$\beta \sim 180 - 60 * \frac{230 - 130}{400,25}$$

$$\beta \sim 142^\circ 1'$$

KONTROLA ŘEMENE:

Nejprve jsem musel zvolit řemen, který použiju.

Tabulka 8-Určení typu klínového řemene v závislosti na $P_x \cdot c_2$ a otáčkách



→ přenášený výkon P_x součinitel provozního zatížení c_2 (kW)

Tabulka 3 Určení typu řemene

Podle spočítaných parametrů vychází klínový řemen typu SPZ.

Průměr malé řemenice jsem zvolil nenormalizovaný $dp = 130$ mm (z důvodů menšího ohybového namáhání řemene, protože chci použít pouze jeden řemen). Pro další volby budu vycházet z normalizovaným $dp = 125$ mm.

d_p (mm)	$i_{1,2}$	Otáčky malé řemenice n_d (1/min)							
		700				950			
		SPZ	SPA	SPB	SPC	SPZ	SPA	SPB	SPC
63	1	0,54				0,68			
	?3	0,68				0,88			
71	1	0,70				0,90			
	?3	0,85				1,09			
80	1	0,88				1,14			
	?3	1,03				1,33			
90	1	1,09	1,17			1,40	1,48		
	?3	1,23	1,50			1,60	1,92		
100	1	1,28	1,49			1,66	1,89		
	?3	1,43	1,81			1,86	2,33		
112	1	1,52	1,86			1,97	2,38		
	?3	1,66	2,18			2,17	2,82		
125	1	1,77	2,25			2,30	2,90		
	?3	1,91	2,58			2,50	3,34		
140	1	2,06	2,71	3,02		2,68	3,49	3,83	
	?3	2,20	3,03	3,70		2,87	3,93	4,76	

Tabulka 4 Výkon přenesený jedním řemenem

Kompresor má pouze jeden klínový řemen. Z tohoto důvodu jsem zvolil řemen typu SPA, který snese větší zatížení P_x . Kdybych nechal SPZ musely byt dva klínové řemeny.

Legenda:

i	převodový poměr
v [$m \cdot s^{-1}$]	obvodová rychlost
d_p [mm]	průměr malé řemenice
D [mm]	průměr velké řemenice
P_x [kW]	přenášený výkon
β [°]	úhel opásání malé řemenice
A [mm]	osová vzdálenost řemenic

8 Technologická část

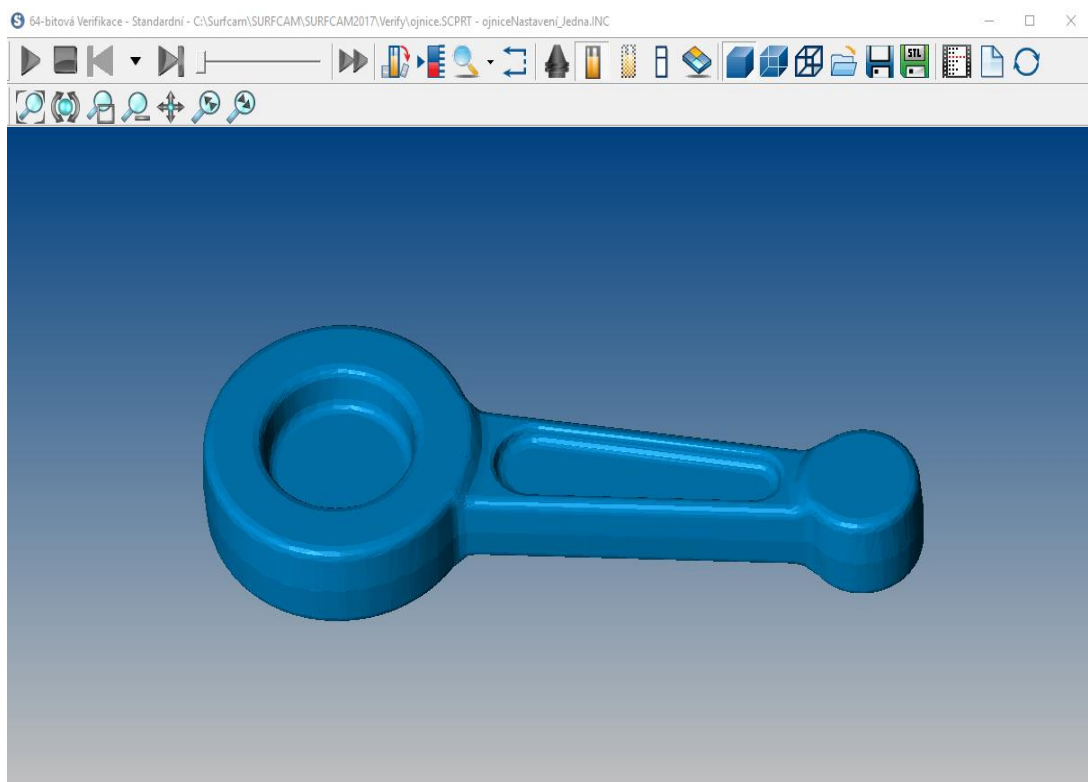
V technologické části jsem provedl obrobení ojnice a první části hřídele. Tyto součásti jsou základní díly klikového mechanismu. V technologické části, také kromě obrobení v programu CAM, bylo vygenerování operačních listů a tvorba výkresů daných součástí. Každá má vytvořené dva výkresy, první polotovaru a druhý je hotový výrobek.

Materiál pro výrobu ojnice je 12 050.3

Materiál pro výrobu první části klikové hřídele je 11 600.3

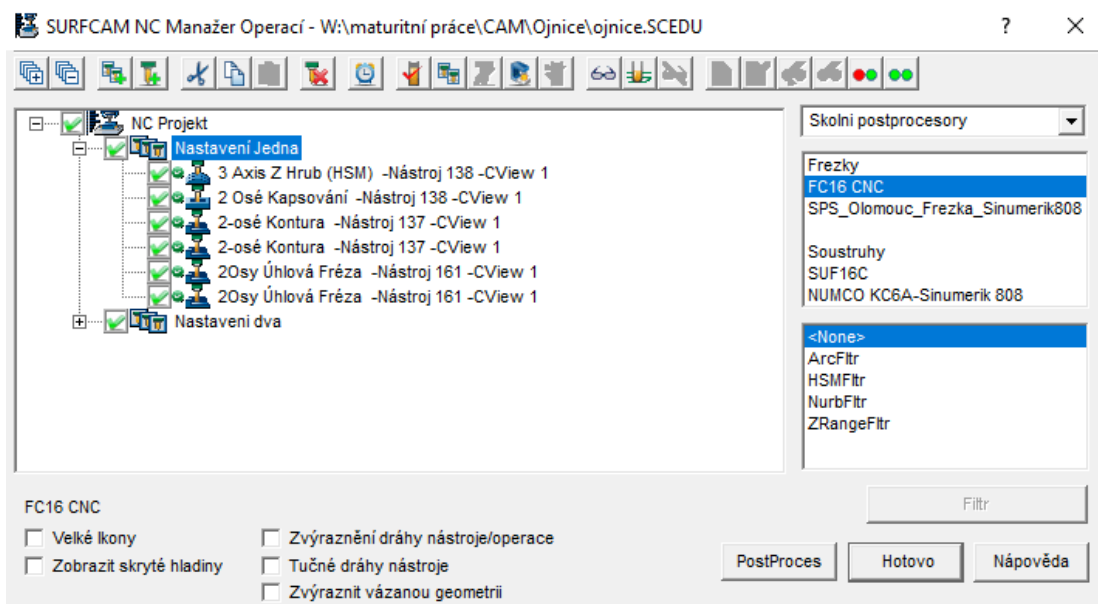
Ojnice

Ojnice je výkovek. Výkres polotovaru je v příloze č. 8.

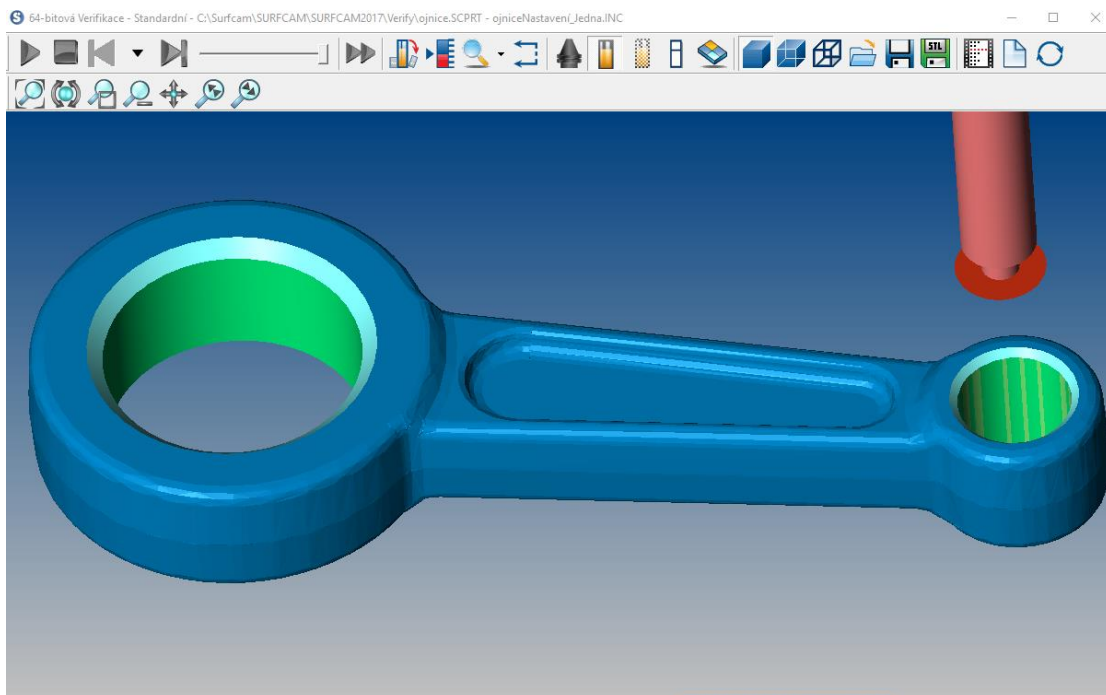


Obrázek 14 Ojnice polotovar

V upnutí Jedna jsem upnul ojnici do přípravku. Jako první jsem pomocí tříosého obrábění vyhruboval velký průměr, který měl uprostřed blanku 2 mm s úkosy 7°. Potom jsem frézoval malý průměr ojnice. Následně jsem oba dva průměry dokončil na hotovo. Poslední operace byla sražení hran u obou průměrů.

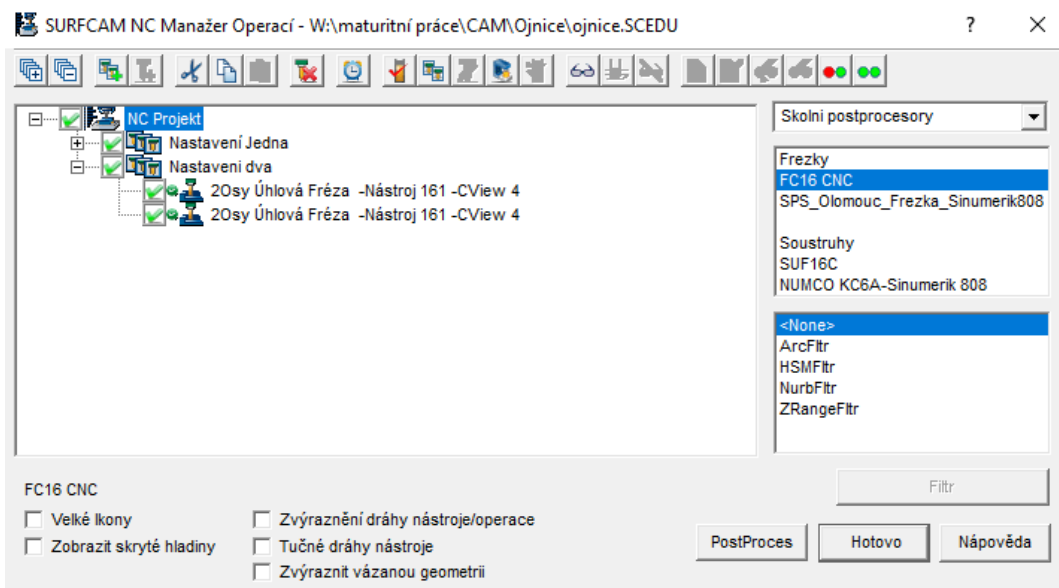


Obrázek 15 Manažer operací první upnutí

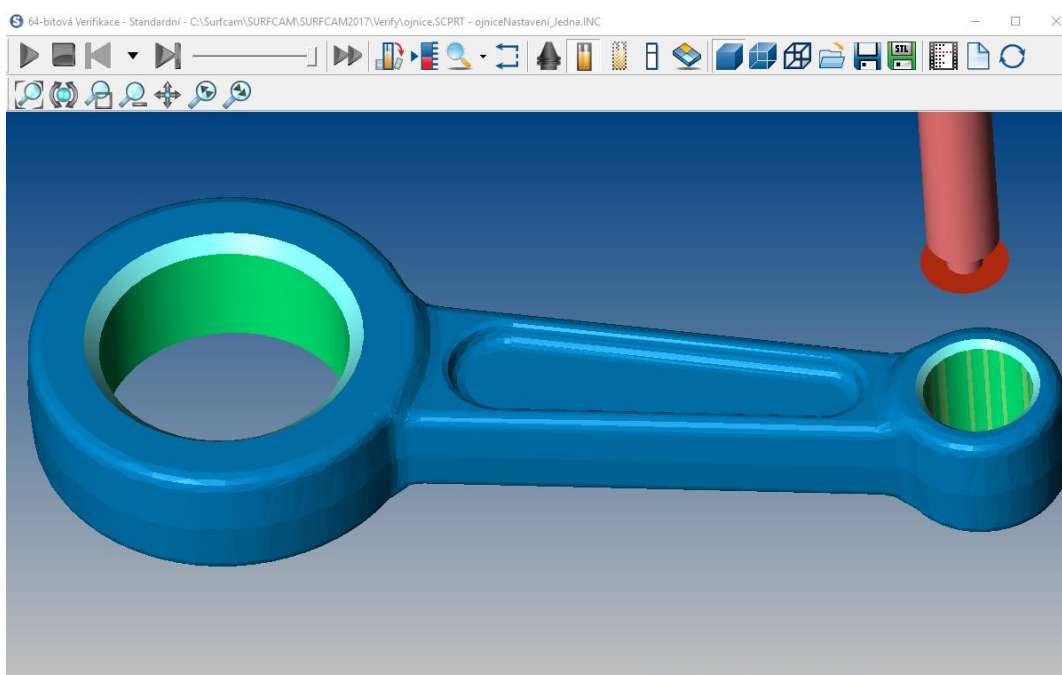


Obrázek 16 Ojnice po obrobení v prvním nastavení

V upnutí Dva jsem ojnicí otočil a zase upnul do přípravku. Jelikož oba dva průměry jsou obrobena už v upnutí Jedna, tak v druhém upnutí jsem pouze srazil hrany na každém průměru.



Obrázek 17 Manažer operací nastavení Dva

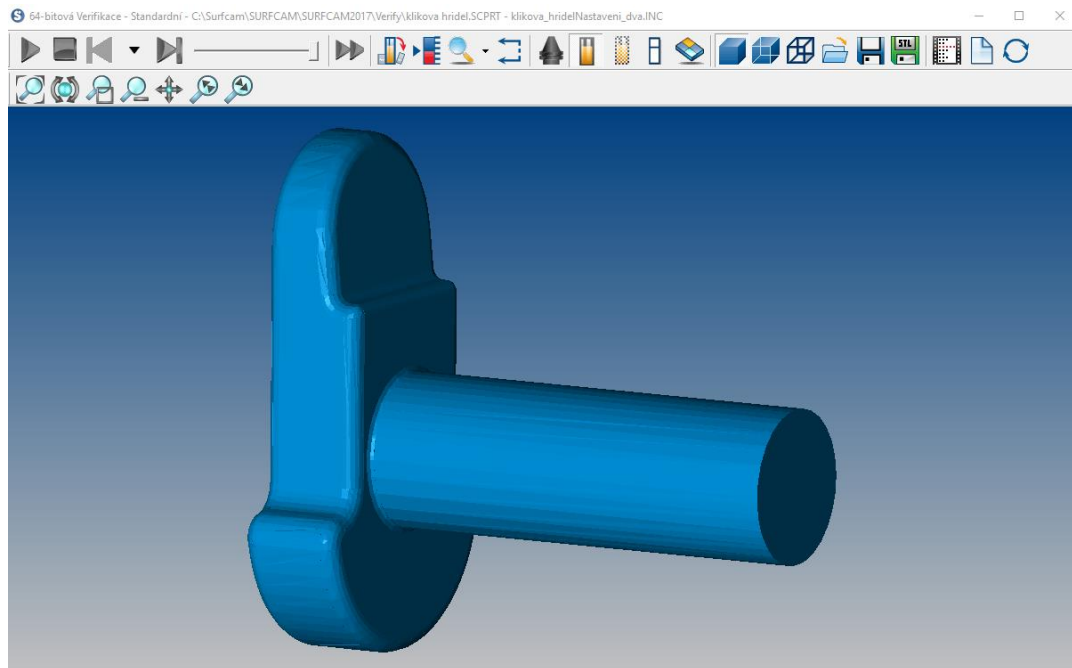


Obrázek 18 Ojnice po obrobění v druhém nastavení

Strojní časy a celkový přehled nástrojů je v příloze č. 11.

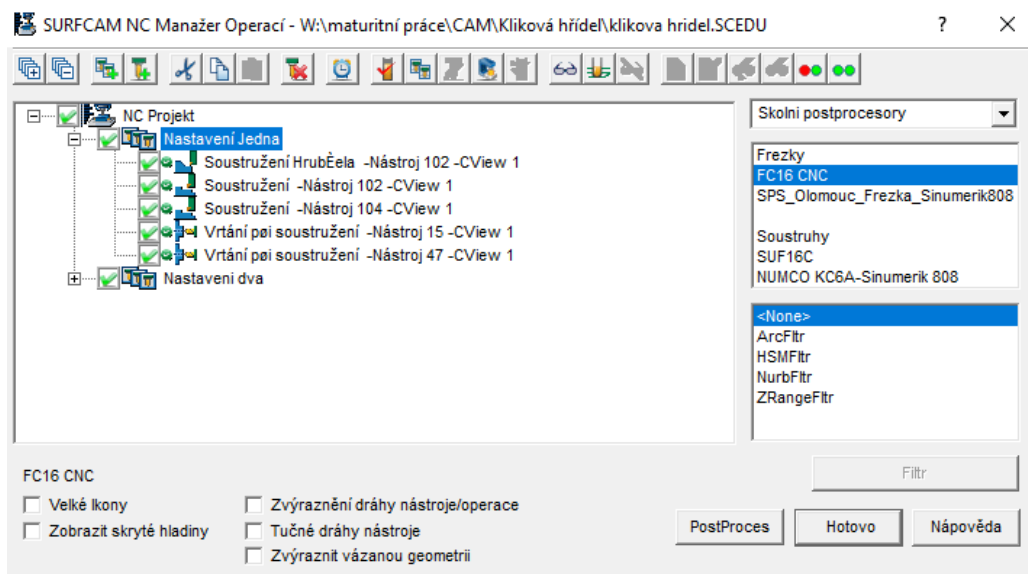
Hřídel 1. část

Hřídel 1. část je také výkovek. Výkres polotovaru hřídele je v příloze č. 9.

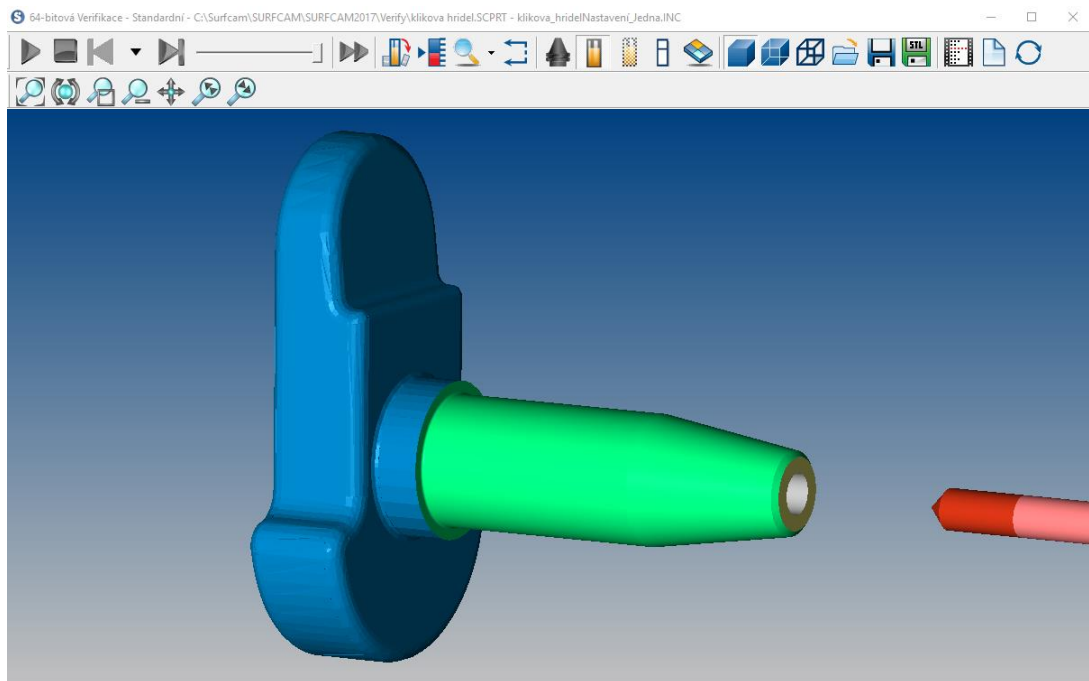


Obrázek 19 Polotovar hřídele první části

V upnutí Jedna jsem upnul hřídel do přípravku. Jako první jsem osoustružil celý funkční průměr včetně kužele. Potom jsem hřídel dokončil menším nástrojem. Jako poslední jsem do kužele v ose vyvrtal díru a následně vyřezal závit.

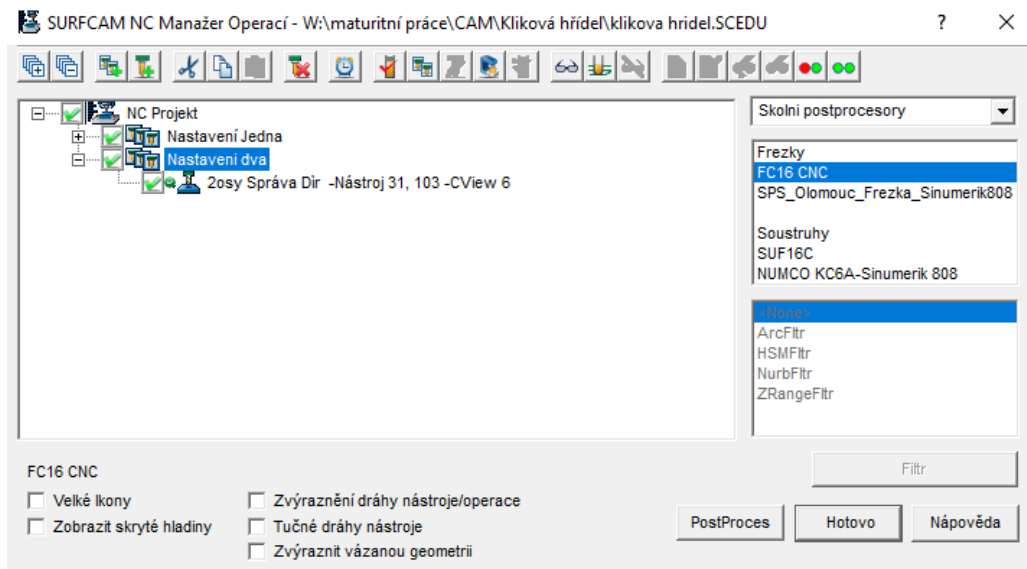


Obrázek 20 Manažer operací nastavení Jedna

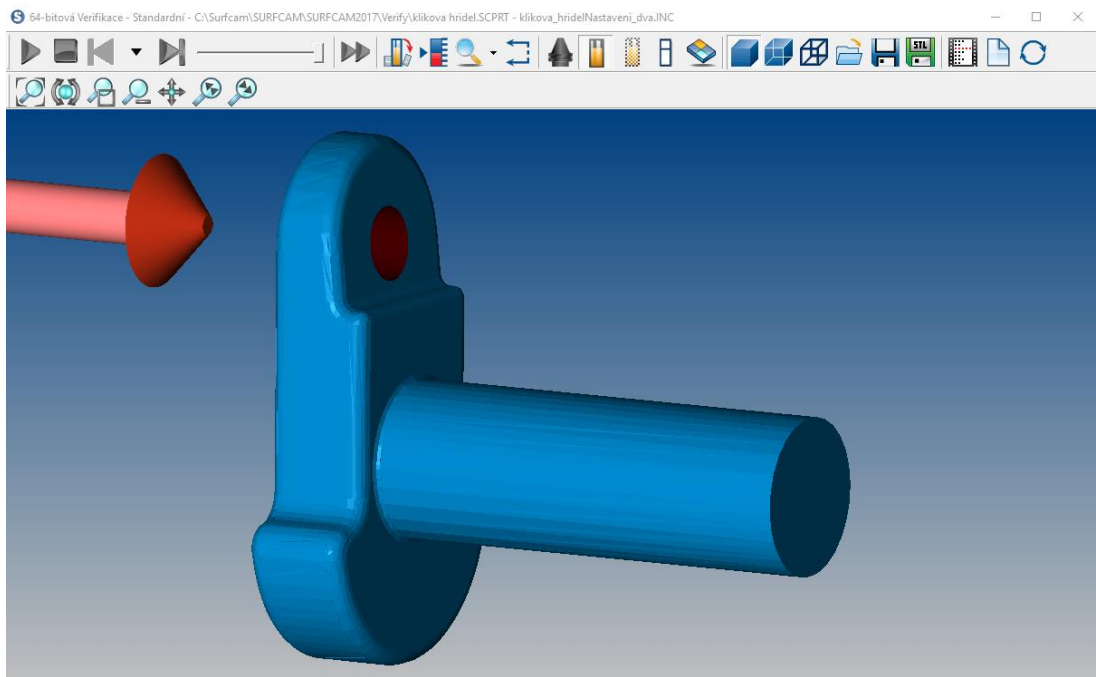


Obrázek 21 Hřidel obrobena po prvním upnutí

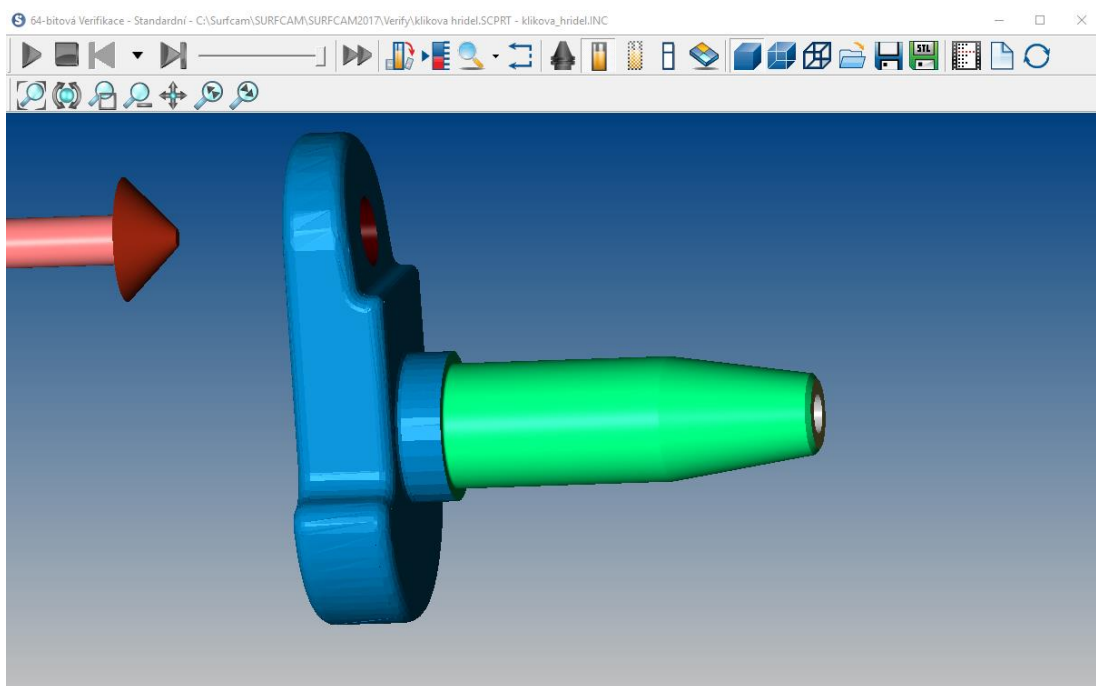
V upnutí Dva jsem hřidel upnul do přípravku a pouze jsem vyvrtal díru do setrvačnicku. Díra se musela předvrtat a následně vystružit, protože se do ní zalisuje druhá část hřídele. Po vystružení jsem srazil hranu.



Obrázek 22 Manažer operací nastavení Dva



Obrázek 23 Hřidel po obrobení po druhém nastavení



Obrázek 24 Hřidel 1. část po celkovém obrobení

Strojní časy a celkový přehled nástrojů je v příloze č. 10.

9 Ekonomická část

Pro ekonomické zhodnocení jsem si vybral ojnici, kterou jsem zpracoval v technologické části maturitní práce.

Nejprve jsem si zhotovil výkres ojnice (viz příloha č. 7), navrhl jsem materiál a zjistil cenu polotovaru.

cena nakupovaného materiálu pro výrobu ojnice				
polotovar/ČSN	materiál	hmotnost polotovaru [kg] ⁺	cena za 1 kg [Kč]	cena materiálu celkem [Kč]
TYČ □ 20-60 ČSN 42 6510	12 050.3	0,4	30,75	13

⁺Jako zdroj pro výpočet ceny materiálu jsem použil webové stránky www.feron.cz

Pro výpočet výrobních nákladů jsem navštívil nabídkové oddělení Sigma Group a.s., kde jsem získal hodinové sazby na jednotlivé operace (viz tabulka).

VÝROBNÍ NÁKLADY					
OPERACE	přípravný čas [min]	pracovní čas [min]	čas na operaci celkem [min]	Hodinová sazba [Kč] (včetně režijních nákladů)	cena operace [Kč]
natavení	5	10	15	500	125
kování	3	5	8	900	120
programování	--	30	30	450	225
frézování	5	11:11	16:11	550	93
cena celkem [Kč]					563

S časy na seřízení lisu nepočítám v ekonomické části na výrobu jedné ojnice. Seřizovací čas je cca 2 hodiny. Čas pro obrábění (frézování) jsem zjistil z technologické části.

Př. Výpočtu výrobních nákladů na operaci natavení:

$$= (\text{celkový čas na operaci} * \text{hodinová sazba}) / 60 \text{ minut}$$

$$= (15 * 500) / 60$$

$$= 125 \text{ Kč}$$

Výpočet celkové prodejní ceny za 1 ks ojnice:

celková cena za ojnici			
výrobní náklady [Kč]	cena materiálu [Kč]	Zisk [%]	celková cena [Kč]
563	13	30	793

Výpočet:

= (výrobní náklady plus + materiálu) * zisk

= (563 + 13) * 1.3

=793 Kč

Procento zisku je závislé od politiky firmy a prodejní ceny na trhu. Může se velmi lišit. V tomto případě může být prodejní cena i přes 1000 Kč.

10 Závěr

V Inventoru byl vytvořen 3D model pístového kompresoru Classic17. Jednalo se především o vytvoření modelu kompresoru, hnaného a hnacího kola, tlakové nádoby se stojanem a kolečky, madlo a kryt řemenů. Motor, tlakové hadice, spínače a manometry nebyly zadáním mé práce, tedy nejsou tedy obsaženy v 3D modelu. Z modelů sestavy klikového mechanismu se všemi modelovanými součástmi byly vytvořeny výrobní výkresy. Ve výpočtové části jsem zkontroloval třetí převod, v programu surf-CAM jsem virtuálně obrobil dvě součásti: ojnice a první část hřídele. Ze surf-CAMu jsem vygeneroval operační listy a výrobní časy. Výrobní čas získaný ze surf-CAMu jsem použil pro kalkulaci výrobních nákladů na výrobu jedné ojnice. Kalkulace je obsažena v ekonomické části práce.

Anotace

Jméno a příjmení	Radovan Grepl
Škola:	Střední průmyslová škola strojnická
Název práce:	Pístový kompresor
Vedoucí práce:	Ing. Boris Šmárik
Počet stran:	40
Počet příloh:	11
Počet použitých zdrojů:	10
Klíčová slova:	Pístový kompresor Klikový mechanismus Řemenový pohon Ojnice Píst Tlaková nádoba

Tématem mé práce byl pístový kompresor. Byl vytvořen 3D model pístového kompresoru s tlakovou nádobou a řemenovým pohonem. Následně byly vytvořeny výkresy a provedeny početní operace na kontrolu řemenového převodu. Poté jsou zpracovány programy pro obrábění ojnice a jedné části hřídele, ze kterých se klikový mechanismus skládá.

Resumé

The theme of my work was a piston compressor. A 3D model of the piston compressor with a pressure vessel and a belt drive was created. Subsequently, drawings were made and numerical operations were performed to control the belt transmission. Consequently, the programs for machining of the connecting rod and one part of the shaft from which the crank mechanism consists, are processed.

Seznam použitých zdrojů

1. *Základní učebnice pro pracující v kovoprůmyslu: základní pomůcka pro školení dělníků a mládeže*. 2. opr. vyd. Praha, 1961.
2. Kompresory vzduchotechnika. <https://www.kompresory-vzduchotechnika.cz/> [online]. Žebrák: Kompresory Vzduchotechnika, 2011 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: https://www.kompresory-vzduchotechnika.cz/p/5569/pistovy-kompresor-a29-1-5-27cm?gclid=EAIaIQobChMIxqHpsLj92QIVU0kZCh3DggsDEAQYCCABEgKpxfD_BwE
3. *Návod k obsluze: kompresory Clasicc*. 2012.
4. <http://www.okompresorech.cz>. <http://www.okompresorech.cz> [online]. 2009 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <http://www.okompresorech.cz/pistovy-olejovy-bezolejovy-vzduchovy-kompresor/>
5. SKF. <http://www.skf.com/cz/index.html> [online]. Brno, 2008 [cit. 2018-03-17]. Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/index.html>
6. Kompresory. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Kompresor>
7. www.press-hammer.cz/o-nas.html. <http://www.press-hammer.cz/o-nas.html> [online]. Mnichovské Hradiště, 2008 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <http://www.press-hammer.cz/o-nas.html>
8. Az-kompresory. <http://www.az-kompresory.cz/pistove-kompresory.html> [online]. CRYO, 2006 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <http://www.az-kompresory.cz/pistove-kompresory.html>
9. <http://files.strojarna.webnode.cz/200000046-39b4b3aae6/Kompresory.pdf>. 2013.
10. Strojirenstvi.studentske. www.strojirenstvi.studentske.cz [online]. 2012 [cit. 2018-03-02]. Dostupné z: <http://strojirenstvi.studentske.cz/2010/11/22-pistove-kompresory.html>

Seznam obrázků

Obrázek 1 P-v diagramy kompresoru (2)	5
Obrázek 2 Schéma pístového kompresoru (10).....	6
Obrázek 3 Tří pístový kompresor (3).	7
Obrázek 4 Jedno pístový kompresor (vlevo) dvou pístový kompresor (vpravo) (5). 8	
Obrázek 5 Základní stroj pístového kompresoru s poháněným kolem.....	12
Obrázek 6 Hlavní části kompresoru Classic17	13
Obrázek 7 Sestava klikové hřídele	14
Obrázek 8 Sestava bloku hlavy kompresoru	15
Obrázek 9 Kliková hřídel se setrvačником	16
Obrázek 10 Filtrační vložka (vlevo) tlumič filtru (vpravo)	16
Obrázek 11 Tlaková nádoba sestava.....	17
Obrázek 12 Hnané kolo	18
Obrázek 13 Kryt řemenů	19
Obrázek 15 Ojnice polotovar	26
Obrázek 16 Manažer operací první upnutí	27
Obrázek 17 Ojnice po obrobení v prvním nastavení	27
Obrázek 18 Manažer operací nastavení Dva	28
Obrázek 19 Ojnice po obrobení v druhém nastavení.....	28
Obrázek 20 Polotovar hřídele první části	29
Obrázek 21 Manažer operací nastavení Jedna.....	29
Obrázek 22 Hřídel obrobená po prvním upnutí	30
Obrázek 23 Manažer operací nastavení Dva	30
Obrázek 24 Hřídel po obrobení po druhém nastavení	31
Obrázek 25 Hřídel 1. část po celkovém obrobení.....	31

Cizojazyčný slovník

Pístový kompresor	Piston compressor
Klíkový mechanismus	Crank mechanism
Řemenový pohon	Belt drive
Ojnice	Connecting rod
Píst	Piston
Tlaková nádoba	Pressure vessel
Motor	Engine
Stlačený vzduch	Compressed air
Kryt řemenů	Belt cover
Madlo	Handrail

Přílohy

Příloha č. 1:	Výkres SESTAVA	č. v. MP-04-03-01
Příloha č. 2:	Výkres PÍSTNÍ CEP	č. v. MP-04-03-002
Příloha č. 3:	Výkres PÍST	č. v. MP-04-03-003
Příloha č. 4:	Výkres STÍRACÍ KROUŽEK	č. v. MP-04-03-004
Příloha č. 5:	Výkres HRIDEL 1. ČÁST	č. v. MP-04-03-005
Příloha č. 6:	Výkres HRIDEL 2. ČÁST	č. v. MP-04-03-006
Příloha č. 7:	Výkres OJNICE	č. v. MP-04-03-007
Příloha č. 8:	Výkres POLOTOVAR OJNICE	č. v. MP-04-03-008
Příloha č. 9:	Výkres POLOTOVAR HRIDEL	č. v. MP-04-03-009
Příloha č. 10:	Operační list 1 – Klikova hridel 1. část	
Příloha č. 11:	Operační list 2 – Ojnice	