



Středoškolská technika 2014

Setkání a prezentace prací středoškolských studentů na ČVUT

UKÁZKA PRÁCE TECHNICKÉHO KROUŽKU, MODEL PARNÍHO STROJE a STIRLINGŮV MOTOR

Martin VÁŇA, Lukáš VÁVRA, Vítězslav ŽOCH, Jakub HORČIČKA

**Střední průmyslová škola, Střední odborná škola a Střední odborné učiliště, Hradec Králové
Hradební 1029, Hradec Králové**

Představení práce technického kroužku pracujícího na naší škole

Jsme parta měnící svůj počet od čtyř do asi šesti lidí, která se původně sešla při stavbě STIRLINGOVA MOTORU pro soutěž POSTAV SI SVŮJ STIRLINGŮV MOTOR. Tuto soutěž pořádá každoročně Střední průmyslová škola Betlémská, Praha. Protož jsme potřebovali k výrobě strojní vybavení, využili jsme možnost a začali se scházet po vyučování v dílnách naší školy. Líbí se nám své konstrukce ověřit stavbou v praxi, popřípadě je dále vylepšovat.

V našem příspěvku prezentujeme několik fotografií našich motorků vyrobených pro zmiňovanou soutěž a pokus o návrh mezipředmětového zadání návrhu modelu parního stroje, se kterým se plánujeme zúčastnit soutěže SOČ.

1. Model jednoválcového parního stroje

Úkol

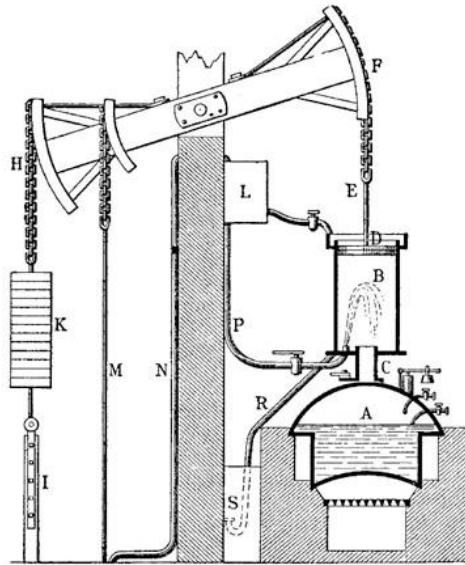
Připravit a zhotovit návrh modelu parního stroje, který by byl řešen jako mezipředmětové zadání umožňující na jednom zadání ve více předmětech procvičit znalosti žáků. Jedná se především o tyto předměty: Stavba a provoz strojů, Konstruování pomocí počítače, Programování CNC strojů a Praxe. Důvodem tohoto řešení je:

- ukázat na vzájemnou souvislost látky probírané v jednotlivých předmětech
- řešit úkol komplexně (nevytvářet výkresy „Do šuplíku“)
- ověřit konstrukci výrobou
- umožnit inovaci (v zadání mohou žáci konstruovat jen část zařízení daného zadáním)
- ekonomické důvody (v dílnách vyráběné dílce nekončí v koši, ale v zásobníku, z kterého mohou být použity pro montáž nebo jako stavebnice pro případnou soutěž žáků)

Návod by měl obsahovat historii parního stroje, výrobní výkresy a popis jednotlivých součástí stroje.

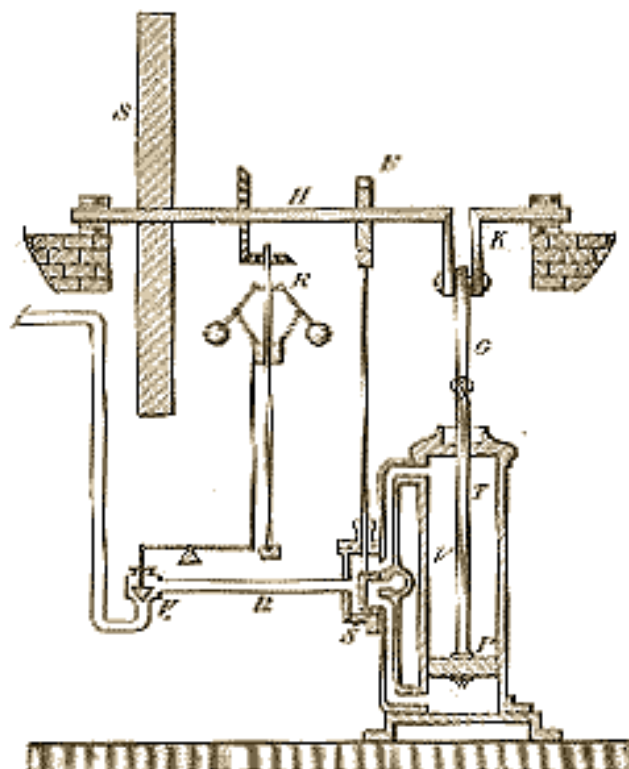
Historie

Historie využití páry k pohonu spadá až k 1. tisíciletí před naším letopočtem, kdy si její antičtí Řekové stavěli jako hračky. Pokud toto období vynecháme, (i z důvodu, že k praktickému využití vlastně nedošlo) v novodobých dějinách parní stroj vynalezl britský kovář a vynálezce Thomas Newcomen r. 1712 se svým společníkem Thomasem Saverym. Jejich model vypadal v nákrese takto:



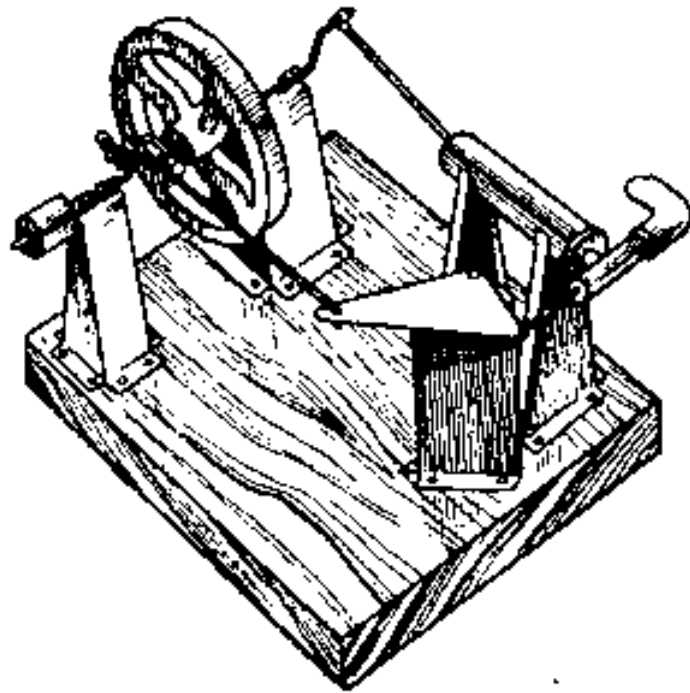
Chod stroje byl ovládán třemi, ručně v předepsaném sledu otevíranými a zavíranými kohouty. Pára o nepatrném přetlaku se nejprve vpustila pod píst, který pomohla vyzvednout do horní úvratě. Pak se do pláště obepínajícího válec vpustila druhým kohoutem chladicí voda, která válec ochladila. Tím pára ve válci zkondenzovala a vyvolala ve válci dost hluboké vakuum. Teprve nyní mohl nastat vlastní pracovní zdvih, který vykonal přetlak okolní atmosféry stlačením pístu do spodní polohy. Po vypuštění chladicí vody z pláště se děj opakoval. I když počet cyklů zprvu nepřesahoval pět za minutu, základ využití nového zdroje energie byl položen.

Vynález parního stroje je připisován Jamesi Wattovi, který ovšem jen vylepšil a zdokonalil Newcomenův návrh. Prvním Wattovým zlepšením bylo oddělení kondenzace do zvláštního prostoru mimo válec. Díky tomu se stěny válce neochlazovaly a zvýšila se účinnost stroje. Později jej napadlo pohánět stroj párou o vyšším než atmosférickém tlaku. V průběhu druhé poloviny 18. století si pak Watt nechal patentovat řadu vynálezů, které byly dále využity po celou éru parních strojů. Jmenujme například dvojčinný parní stroj, převod posuvného pohybu pístu na otáčivý, nebo Wattův odstředivý regulátor.

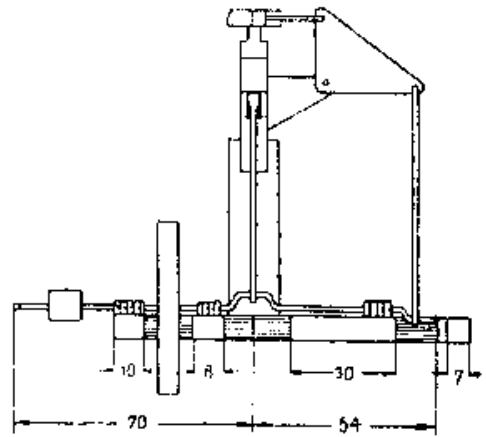
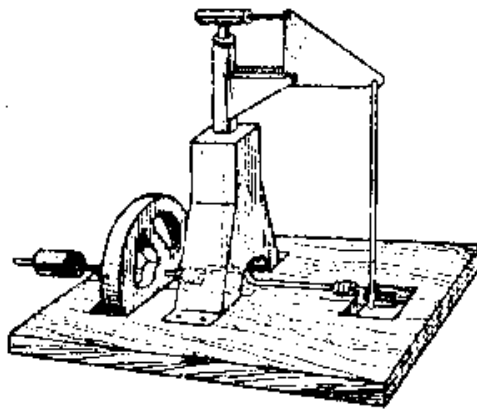


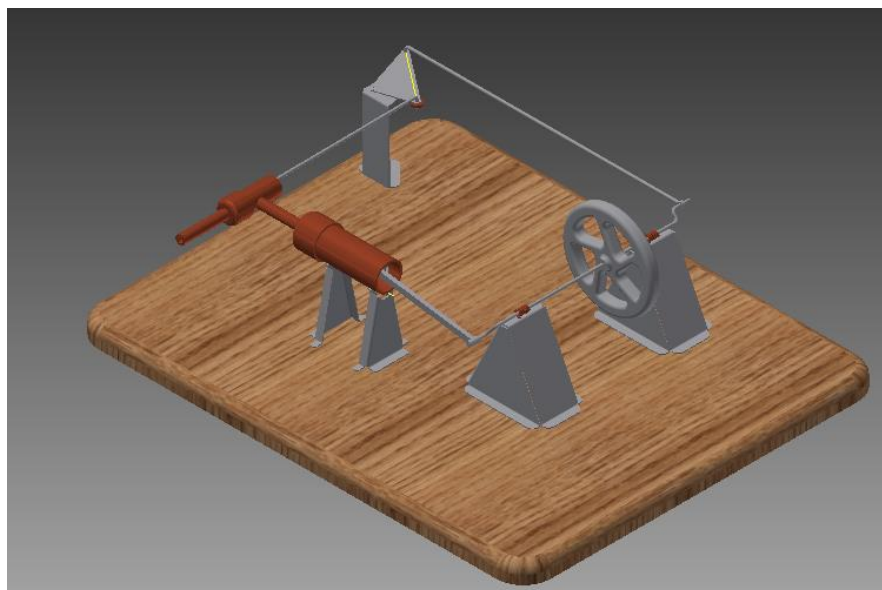
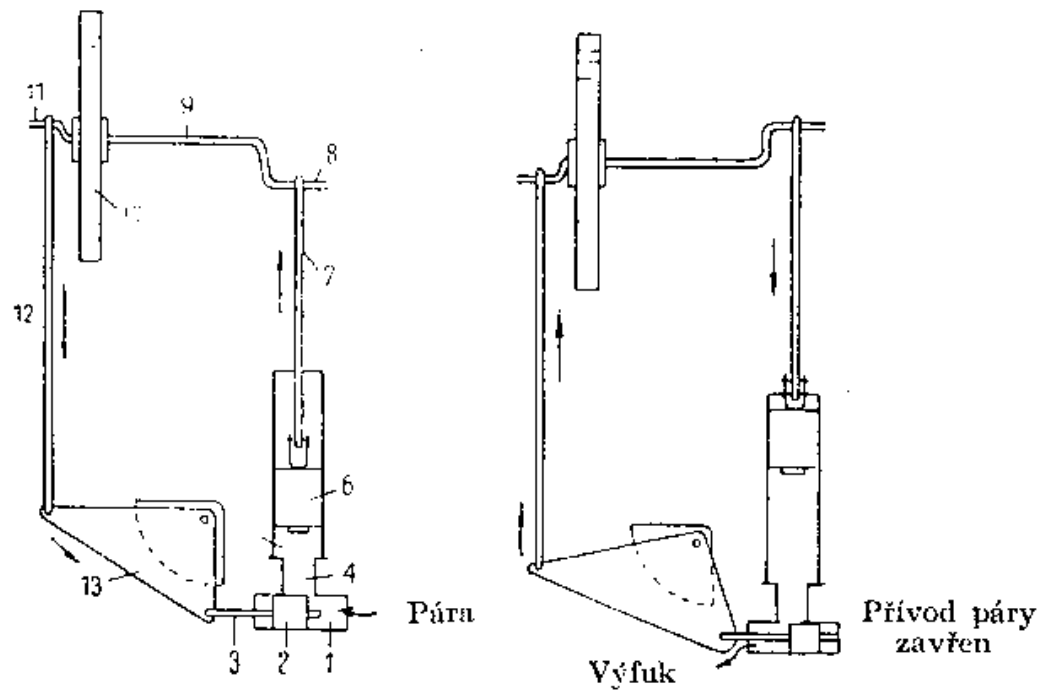
Náš návrh

Náš návrh parního stroje se opírá o návod na jeho výrobu z několika listů ze sborníku z 50. let minulého století, jehož autor ho zřejmě připravil pro zájmový kroužek. Zaujal nás hlavně proto, že se podle něj dá postavit funkční model parního stroje z dostupných dílů. Samozřejmě jsme se neobešli bez úpravy některých částí, které sborník popisoval,



Obr. 103. Jednoválcový parní stroj.





Obr. 1: původní návrh podle sborníku převedený do 3D modelu

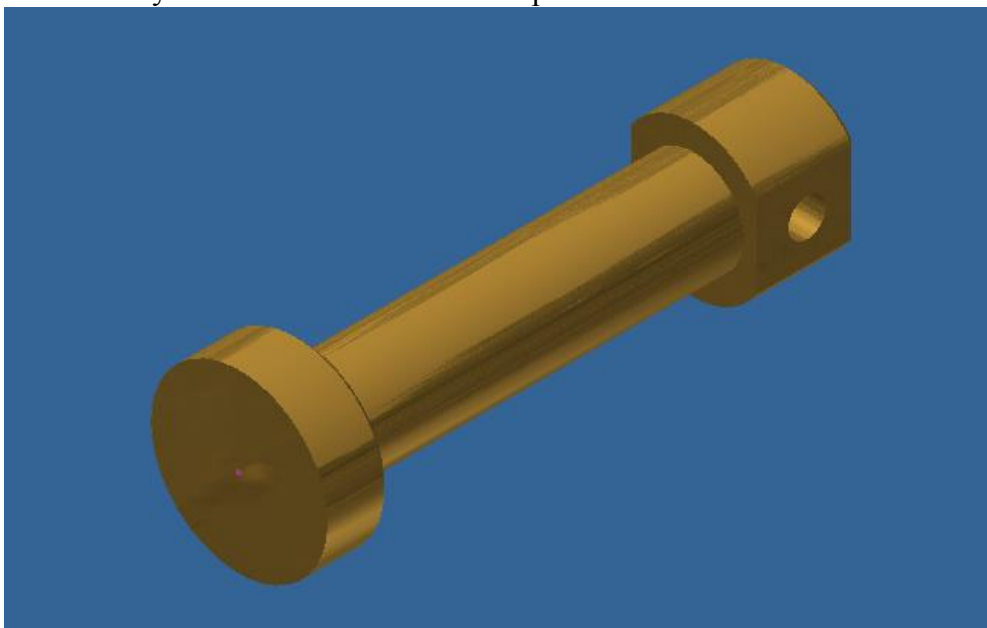
Návod pro sestavení – úpravy

Srdce modelu tvoří válec šoupátka a hlavní válec, které jsou pájeny z měděných trubek, záslepek a nýtů. Zde je pro spojené těchto dílů použito kapilární pájení. Výrobek je zhotoven v ruční dílně z polotovarů vyrobených z měděných trubek dělených a vystružených na soustruhu. Válec s šoupátkem je připevněn na základovou desku. Píst vyrobený z bronzu je upevněn pomocí čepu k táhlu z ocelového pásku, celek je připojen ke klice setrvačníku. Z druhé strany setrvačníku je klika šoupátka, která kliku pístu předbíhá o 90°. Táhlo šoupátkového mechanismu je vyrobeno z drátu od kola k němu je připájena destička tvořící oko táhla. Toto táhlo je připojeno k dvouramenné páce z měděného plíšku otočně upevněné na mosazném sloupku. V druhém oku páky je táhlo šoupátka. Šoupátko ovládá vstup a výstup páry do válce.

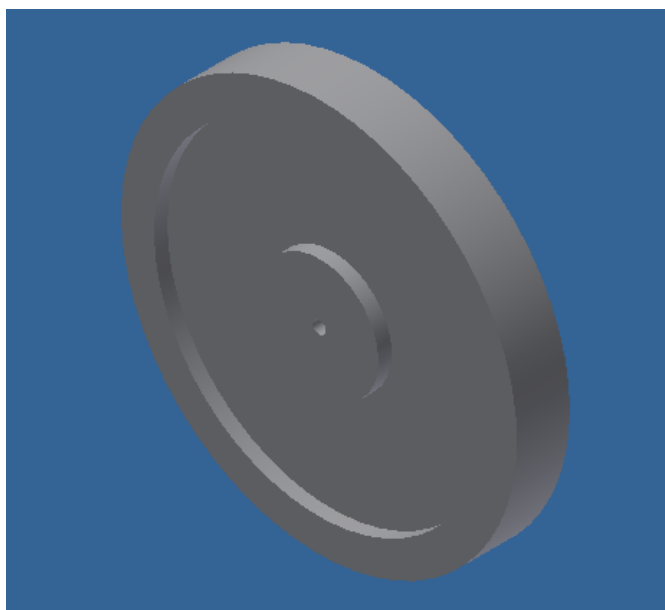


Obr. 4: válec parního stroje s válcem šoupátka

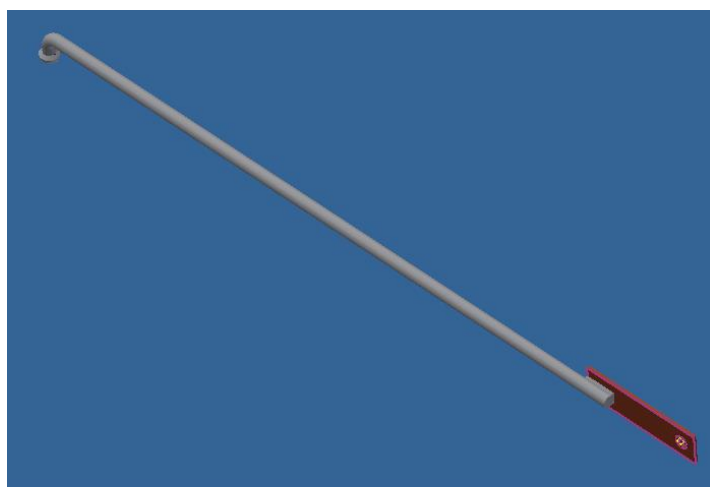
Následující komponenty: píst, šoupátko, sloupky nesoucí rozvody a setrvačnick, byly vyrobeny jako soustružené díly v Soustružně nebo na CNC pracovišti.



Obr. 5: mosazný sloupek setrvačnicku vyráběný na CNC soustruhu



Obr. 6: setrvačník



Obr. 7: Táhla jsou vyrobená z měděného drátu, ocelového pásku a drátu z výpletu kola



Pracoviště

Práce na parním stroji byly provedeny v předmětu Konstruování pomocí počítače, Programování CNC strojů a Praxe. Jednotlivé komponenty byly zpracovány v soustružně a ruční dílně. Některé soustružené dílce byly vyrobeny na CNC strojích SOŠ.



Obr. 8: případné rozložení přípravy a výroby dílců



Obr. 9: příprava dokumentace a návrh CNC programů

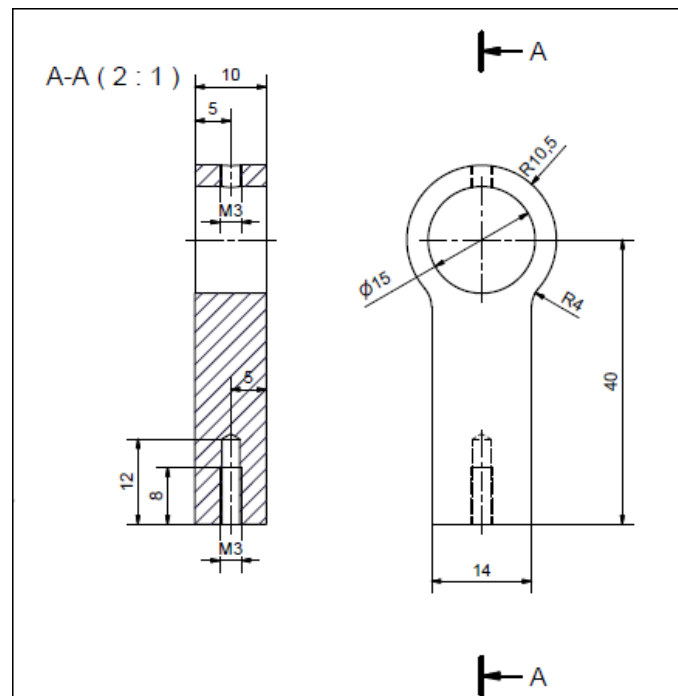


Obr. 10: výroba na CNC frézce

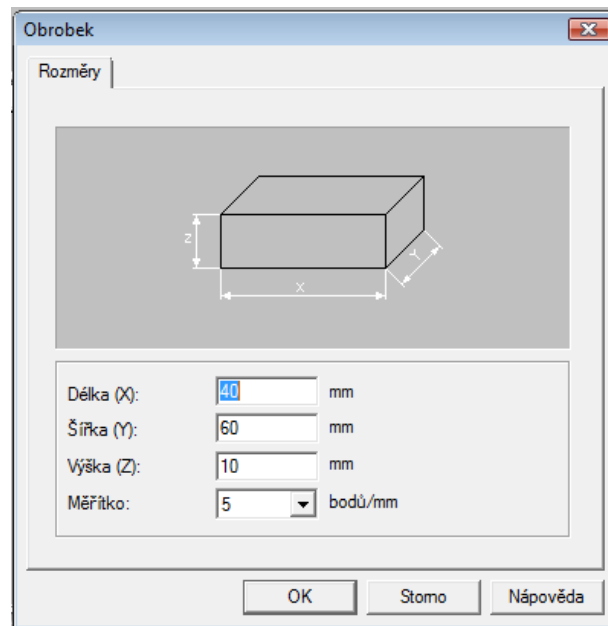
Výkresová dokumentace a přílohy

CNC PROGRAM PRO VÝROBU DÍLU DRŽÁK II

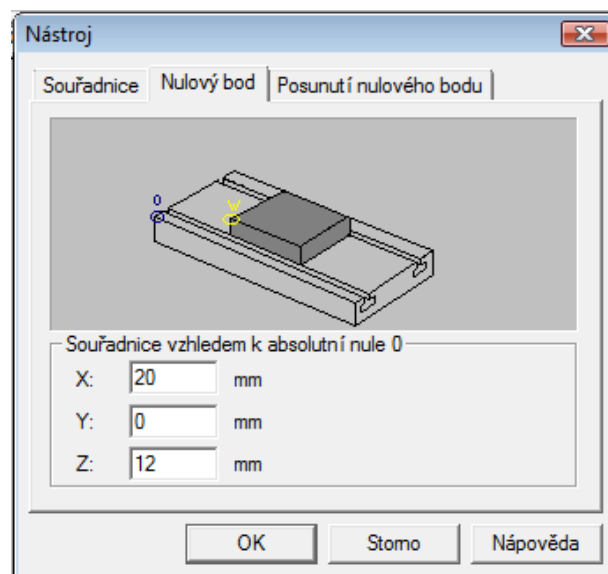
1. VÝKRES SOUČÁSTI



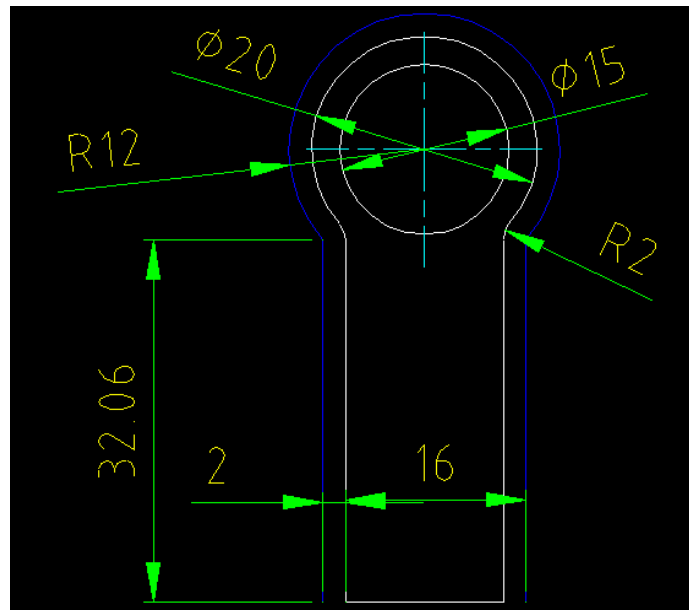
2. NASTAVENÍ VELIKOSTI POLOTOVARU



3. NASTAVENÍ POLOHY NULOVÉHO BODU



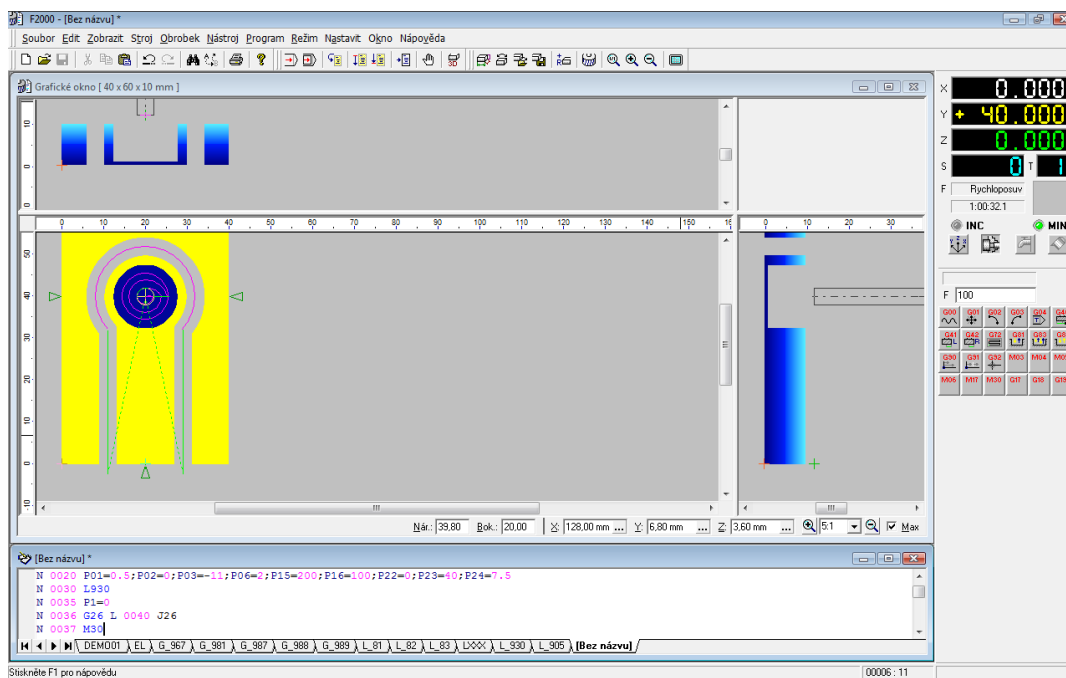
4. VYŠETŘENÍ VÝZNAMNÝCH BODŮ



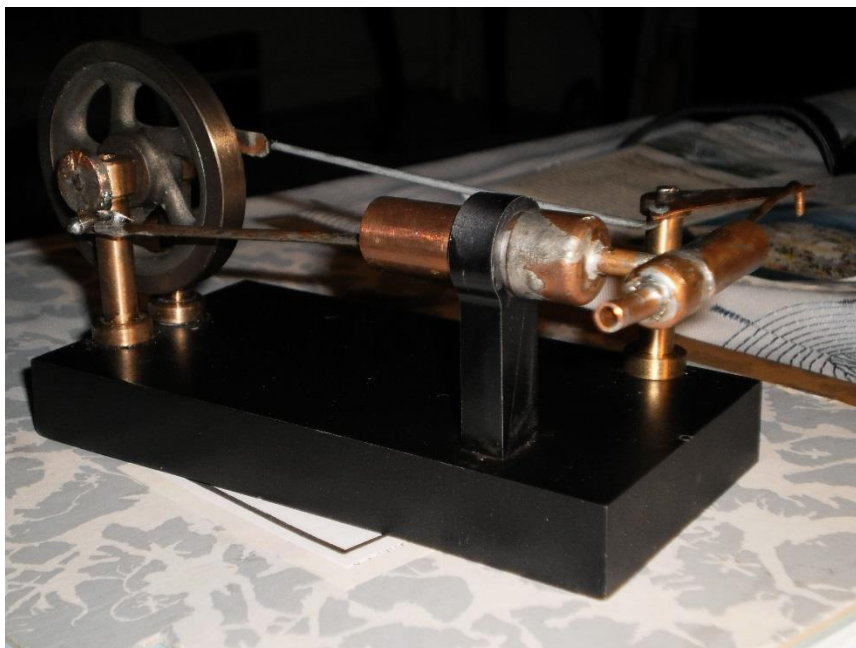
5. CNC PROGRAM

```
N 0010 M03 S3000
N 0020 P01=0.5;P02=0;P03=-11;P06=2;P15=200;P16=100;P22=0;P23=40;P24=7.5
N 0030 L930
N 0035 P1=0
N 0036 G26 L 0040 J26
N 0037 M30
N 0040 G00 X-9 Y-2.5
N 0050 G00 Z P1
N 0060 G01 Y32.06 F100
N 0070 G02 X-12 Y40 R12 F100
N 0080 G02 X0 Y52 R12 F100
N 0090 G02 X12 Y40 R12 F100
N 0100 G02 X9 Y32.06 R12 F100
N 0110 G01 Y-2.5 F100
N 0120 G00 Z0
N 0130 G00 X0 Y40
N 0135 P1=P1-.5
N 0140 M17
```

6. UKÁZKA OBRAZOVKY PO SIMULACI



//



Obr. 11: model parního stroje

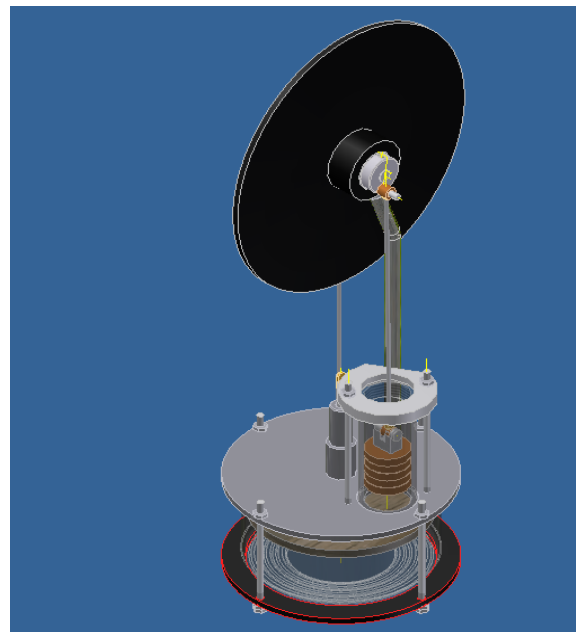
2. Několik fotografií motorků ze soutěže „POSTAV SI SVŮJ STIRLINGŮV MOTOR“

1. Stirlingův motor

Historie lidstva je plná objevů a vynálezů, obohacujících nám život. V dnešní době si však někteří lidé začínají uvědomovat, že ne všechny konstrukce a technologie masově využívané s neustále rostoucím počtem obyvatel planety jsou udržitelné, především díky dopadu na životní prostředí. Z tohoto důvodu se lidstvo snaží nalézt nová nebo v minulosti opuštěná řešení, které by nezatěžovalo životní prostředí. Takovéto řešení nacházíme v zařízeních a motorech využívajících Stirlingův uzavřený cyklus s regenerací tepla.

Stirlingův motor je teplovzdušný motor vynalezen v roce 1816 skotským pastorem Robertem Stirlingem. Činnost motoru je založena na kompresi a expanzi plynného pracovního média. Jeho hlavní výhodou je, že může pracovat s nejrůznějšími zdroji vnější tepelné energie (geotermální energie, sluneční energie, odpadní teplo), náklady na výrobu a obsluhu motoru jsou na rozdíl od jiných motorů nízké a k jeho spuštění stačí pouze pustit ohřev, díky čemuž se motor uvede do pohybu. U těchto motorů se nemusíme bát exploze, jako tomu bylo u parních strojů, mají velmi malé opotřebení, menší spotřebu paliva u typů pracujících s teplem dodaným spalováním než u parních strojů. Existuje mnoho provedení, například pístový nebo turbokompresorový motor. Nevýhodou je jeho špatná regulovatelnost, potřeba velkého chladiče, a aby dosáhl vysoké účinnosti, musí pracovat s vysokým tlakem.

Obr. 6. Stirlingův motor



1.1 Princip motoru

Motor se skládá z klikového mechanismu, na který je připevněn píst, na druhé straně je přeháněč, kolem kterého proudí určité množství plynu. Přeháněč (takzvaný přemísťovací píst) je umístěn v uzavřeném válci. Ve válci je hermetické, stálé množství pracovního plynu (Jako pracovní plyn se nejprve používal obyčejný vzduch. Nejlepších vlastností a účinnosti, jaké nemá ani hélium, se však dosahuje při užití vodíku.). Tento plyn se s okolím nevyměňuje. Jedna strana válce se ohřívá a na druhou působí chladič. Z válce vede potrubí do pracovního válce, kde je umístěn píst. Po skončení jednoho cyklu se přeháněč přesune na stranu chladiče a plyn obteče na stranu ohříváče. Zahřátý plyn se rozpíná, má vyšší tlak, píst v pracovním válci se stlačením pohne a uvede do pohybu setrvačnick i kliku, na které je napojen píst s přeháněčem. Ty se po uplynutí cyklu vrací zpět do původní polohy. Píst zároveň vytlačuje plyn z pracovního válce. Tento děj se pak celý periodicky opakuje a daný motor se otáčí.

Další vlastností přeháněče, je vlastnost takzvaný regenerátoru je odejmout co nejvíce tepla pracovnímu plynu před vstupem do chladiče a pokud možno všechno toto teplo pracovnímu plynu opět vrátit při jeho zpáteční cestě před vstupem do ohříváče. Toto teplo odevzdané z jedné části oběhu se neztrácí, regenerátor pracovní plyn střídavě ohřívá a předchlazuje, čímž se zvýší účinnost Stirlingova cyklu, jeho přeměny tepelné energie v energii mechanickou.

Obr. 7. Model Stirlingova

Pracovní plyn je dnes v motoru pod tlakem 15 až 20 MPa. Zdokonalením konstrukce a přidáním regenerátorů tepla pracovního plynu se účinnost zařízení dále zvyšuje a to výrazným způsobem. Účinnost je též závislá na rychlosti otáček, což vyplývá z cyklu zahřívání a chlazení plynu, jehož čas se na jednotlivé fáze zahřívání a chlazení s počtem otáček snižuje. To má za důsledek snížení účinnosti. Motor, který využívá vodíku jako pracovního plynu, má při výkonu 52 kW/dm³ a 1500 otáčkách za minutu účinnost 35%. Snížením otáček na 500 min⁻¹ se účinnost zvýší na 46%.

1.2 Historie

Původní Stirlingův motor patentoval 27. Zář 1816 doktor Robert Stirling, kněz skotské církve v Galstonu. Robert Stirling byl první, kdo objevil a využil regeneraci tepla.

Během devatenáctého století byly teplovzdušné motory vyráběny a používány v relativně velkém počtu. Jednalo se o velké a těžké stroje o výkonu většinou od jedné do 5 koňských sil. Byly však stavěny i stroje mnohem větší. Největším byl motor postavený kolem roku 1850 Johnem Ericssonem se čtyřmi válci. Motor byl navržen pro výkon 300 kW a měl spotřebovávat méně než 1/2 paliva v porovnání s parním strojem srovnatelného výkonu. Dokonce byl určen pro pohon obchodní lodi, ale kvůli nehodě ho nahradil Dieslův motor.

Teplovzdušné motory byly používány k různým účelům, nejčastěji k čerpání vody a pohonu strojního dílenského zařízení. Přestože se jednalo o stroje velké, těžké a pomalé, byly mnohdy pro obecné použití výhodnější než malé parní stroje, které vyžadovaly parní kotel a tam, kde byla požadována účinnost, také kondenzátor. Oba tyto doplňky byly většinou relativně velké, těžké a nákladné. Postupem času byl Stirlingův motor méně a méně využíván, nahrazovaly jej spalovací motory kvůli úspoře a výkonu.



Obr. 12 několik fotografií ze soutěže



