Nové poznatky v oblasti konstruování strojních součástí a jejich uplatnění v konstrukčních předmětech

New findings in the design of machine parts and their application in the design subjects

Ing. Vratislav Slomek

Bakalářská práce
2011

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta humanitních studií

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta humanitních studií
Ústav pedagogických věd
akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení:	**Ing. Vratislav SLOMEK**
Osobní číslo:	**H09764**
Studijní program:	**B 7507 Specializace v pedagogice**
Studijní obor:	**Učitelství odborných předmětů pro SŠ**
Téma práce:	**Nové poznatky v oblasti konstruování strojních součástí a jejich uplatnění v konstrukčních předmětech**

Zásady pro vypracování:

Hodnocení učebních plánů konstrukčních předmětů na SŠ.
Nové poznatky v oblasti konstruování strojních součástí.
Porovnání staré a nové metody výuky konstrukčních předmětů.

Rozsah bakalářské práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

HRMO, R. aj. Didaktika technických predmetov. STU Bratislava.2005
KROPÁČ, J. aj. Didaktika technických předmětů– vybrané kapitoly.UP v Olomouci. 2004
LUKOVICS, I, SÝKOROVÁ, L., VOLEK, F. Části a mechanizmy strojů.ES FT Zlín.2000
SHIGLEY, E. aj. Konstruování strojních součástí.VUTIUM Brno.2010

Vedoucí bakalářské práce:	**prof. Ing. Imrich Lukovics, CSc.** Ústav výrobního inženýrství
Datum zadání bakalářské práce:	**6. ledna 2011**
Termín odevzdání bakalářské práce:	**6. května 2011**

Ve Zlíně dne 6. ledna 2011

prof. PhDr. Vlastimil Švec, CSc.
děkan

L.S.

Mgr. Soňa Vávrová, Ph.D.
ředitelka ústavu

Poděkování

Je mojí milou povinností poděkovat vedoucímu mé bakalářské práce, panu profesorovi Lukovicsovi za poskytnuté rady, teoretické zázemí a podporu při jejím vytváření.

Ing. Vratislav Slomek

Motto:

Tvořivost je přirozená vlastnost, která má být ve výchově podporovaná…

(Aristotelés ze Stagery, Wikipedie.com)

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby [1];
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí;
- na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 [2];
- podle § 60 [3] odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 [3] odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům.

Prohlašuji, že

- elektronická a tištěná verze bakalářské práce jsou totožné;
- na bakalářské práci jsem pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně 29. 4. 2011

1) zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevýdělečně zveřejňuje diserlační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis veřejné školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

2) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

3) zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá novými poznatky a metodami konstruování strojních součástí a jejich použitím ve výuce technických předmětů na středních školách strojního zaměření. V úvodní části práce popisuji historický vývoj strojírenství včetně konstrukčního činnosti a výuky konstrukčních předmětů na školách středního stupně. Porovnávám a hodnotím staré i nové metody výuky, v kterých jsou aplikovány nejnovější trendy a poznatky vědy a techniky včetně užití informačních technologií.

V teoretické části se zabývám novými poznatky v oblasti progresivních způsobů konstruování strojních součástí, na které úzce navazují další teoretické podpůrné činnosti, jako je výpočet konstruovaného uzlu stroje (CAE), optimalizace rozměrů, deformací, ekonomických rozborů, zpracování technické dokumentace včetně manuálu. Rovněž se zabývám zpracováním technologické dokumentace pro CNC obráběcí a tvářecí stroje (CAM), kontrolou kvality, plánováním výrobního procesu apod.

V teoretické části práce se rovněž zabývám objasněním základních termínů z teorie vzdělávání konstrukčních předmětů a současné didaktické techniky.

Praktická část práce je pojata jako návrh výukové hodiny předmětu Konstrukční cvičení, a to řešení projektu Přípravkového zařízení pro válcování vnějších závitů u rotačních součástí.

Hlavním cílem je praktická realizace projektu s využitím nejnovějších počítačových technologií, aktuálně přiblížit žákům všechny činnosti, které konstruktér musí řešit v průběhu technického vývoje výrobku.

Hlavním motivujícím prvkem navrhované výuky je praktická realizace projektu s možností využití kreativity žáka.

Klíčová slova: hardware, software, programy počítačové grafiky, didaktika výuky technických předmětů, myšlenková mapa, multimediální učebna, audiovizuální a vizuální technické prostředky, interaktivní tabule, digitalizace, digitální továrna

ABSTRACT

This Bachelor work deals with new knowledge and methods of construkcion of machine components and their application in education of design subjects and their use in teaching technical subjects in high schools of targeting machinery.

In the first part I describ the historical development of engineering activities including design and construction of teaching subjects in high school. I evalute and compar the old and new teaching methods, which are applied in the latest trends and finding of science and technical including the use of information technology.

The theoretical part deals with new developments in the field of progressive design methods of machine parts (CAD), which are closely related to other theoretical support activities, such calculating machine constructed node (CAE), size optimization, economic analysis, strain , processing of technical documentation including manual.

This bachelor deals also with the processing of documentation technology for CNC tool machines and forming machine (CAM), quality control, manufacturing process planning, etc.
In the theoretical part also deals with the clarification of basic terms of the theory of education of design objects and contemporary education technology.

The practical part is conceived as a design lessons Design Course exercises and solution of the project Special unit for rolling threading on the rotating parts. The intention is to replace the existing teaching non-compliant project hydraulic mechanism that has long been included in the ŠVP between the practical tasks of the fourth grade.

The main objective is the practical implementation of the project using the latest computer technology, the current students to bring all the activities that the designer must be addressed in the technical product development.
The primary motivating element of the proposed course is a practical project with the possibility of student creativity.

Keywords: hartware, software, computer graphics programs, methodology of teaching technical subjects, mind map, multimedia classroom, a visual, audio-visual technical devices, interactive whiteboards, digital, digital factory

OBSAH

ÚVOD……11

I. TEORETICKÁ ČÁST ……13

1.HODNOCENÍ UČEBNÍCH PLÁNŮ……13

1. 1 VÝVOJ STROJÍRENSTVÍ…… 13

1.2 VÝVOJ KONSTRUOVÁNÍ …… 16

1. 3 VÝVOJ KONSTRUKČNÍCH PRACOVIŠŤ……18

1.4 VÝVOJ VÝUKY KONSTRUOVÁNÍ……..21

1.5 HODNOCENÍ VÝUKY KONSTRUOVÁNÍ……22

2. NOVÉ POZNATKY V OBLASTI KONSTRUOVÁNÍ……23

2.1 NAUKA O KONSTRUOVÁNÍ…….23

2.2 HLAVNÍ ČINNOSTI KONSTRUKTÉRA……24

2.2.1 PROJEKČNÍ ČINNOST…… …… 24

2.2.2 TECHNICKO-TECHNOLOGICKÁ ČINNOST…… 24

2.2.3 EKONOMICKO-ORGANIZAČNÍ ČINNOST…….. 24

2.2.4 TECHNICKO-PROVOZNÍ ČINNOST…….. 25

2.2.5 TECHNICKO-PUBLIKAČNÍ ČINNOST…… 25

2.3 HLAVNÍ CÍLE VÝUKY KONSTRUOVÁNÍ…….25

2.3.1 VÝUKA KONSTRUKČNÍHO PŘEDMĚTU…… 25

2.3.2 CÍL PŘEDMĚTU…… 27

2.3.3 VÝZNAM IT TECHNOLOGIÍ……. 29

2.3.4 AKTIVNÍ VÝUKA IT TECHNOLOGIÍ…….....30

2.3.5 PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ…… 30

2.3.6 VYHODNOCENÍ VÝUKY IT TECHNOLOGIÍ……..31

2.4 METODY KONSTRUOVÁNÍ ……31

3. NOVÉ POZNATKY V OBLASTI CAD KONSTRUOVÁNÍ …….. 32

3.1 KONSTRUOVÁNÍ VE 2D …… 32

3.2 KONSTRUOVÁNÍ VE 3D……. 33

3.3 VLASTNOSTI SOFTWARU ……... 33

3.4 RACIONALIZACE VÝVOJOVÉHO PROCESU …….. 35

3.5 POČÍTAČOVÉ VÝPOČTY /CAE/……... 37

3.6 POČÍTAČOVÉ TECHNOLOGIE /CAM/…… 38

3.7 ŘÍZENÍ VÝROBY /MRP/…… 41

3.8 ŘÍZENÍ KVALITY /CAQ/…… 42

3.9 DIGITÁLNÍ TOVÁRNY /DF/…… 42

II. PRAKTICKÁ ČÁST……... 45

4 . POROVNÁNÍ STARÉ A NOVÉ MOTODY VÝUKY KONSTRUKČNÍCH PŘEDMĚTŮ……45

4.1 AKTUÁLNÍ PRŮBĚH VÝUKY KONSTRUKČNÍHO CVIČENÍ …… … 45

4.2 PREKONCEPT VYUČOVACÍ HODINY 2009 ……46

4.3 NÁVRH VÝUKY KONSTRUKČNÍHO CVIČENÍ …… …. ..48

4.4 PREKONCEPT VYUČOVACÍ HODINY 2011 ……..49

ZÁVĚR……...52

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY …….. .54

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK ……. .55

SEZNAM OBRÁZKŮ …….56

SEZNAM PŘÍLOH…… .57

ÚVOD

Průmyslová výroba je jedno z nejvýznamnějších odvětví národního hospodářství v České republice. Za dlouhé období svého vývoje dosáhl průmysl významného postavení nejen na tuzemských, ale hlavně světových trzích. Mezi hlavní odvětví se řadí strojírenská a elektrotechnická výroba. Významných pozic ve světovém měřítku dosáhla výroba obráběcích a tvářecích strojů, letadel, automobilů, kolejových vozidel, energetických systémů apod.

V tvrdém konkurenčním prostředí je v současné době velmi obtížné toto postavení nejen rozšířit o další komodity, ale také udržet. Své pozice si zajistí na světových trzích pouze ty firmy, které budou mít úspěšný výrobek, tj. výrobek vysoké technické úrovně a, užitných vlastností za přijatelnou cenu.

Toto vyžaduje značných finančních prostředků a podstatné rozšíření vědeckotechnického potenciálu firem, a to nejen středoškolskými , ale hlavně vysokoškolskými pracovníky. Jak ze statistik vyplývá, je těchto pracovníků nejen ve světě, ale i v našem průmyslu stále nedostatek.

V naší společnosti stále přetrvává názor, že k získání středoškolského vzdělání jsou nejvhodnější gymnázia nabízející všeobecné vzdělání, které umožní snadný přechod do běžného života anebo pokračování ve studiu na vysoké škole.

Odborná vzdělávací střediska, mezi něž patří i střední průmyslové školy a vysoké školy technického směru jsou stále v pozadí zájmu o studium. Cílem těchto škol je výchova technických pracovníků, a to nejen technologických, ale i konstrukčních směrů.

Stále je zažit mezi lidmi názor, že strojírenství je černé a špinavé řemeslo, které nemá v České republice žádnou budoucnost a perspektivu.

Tento názor sdílí velké procento rodičů dětí, kteří chtějí pokračovat ve studiu. Zájem o studium na odborných školách je rovněž negativně ovlivněn tradiční vysokou náročností na technické znalosti žáka nebo studenta, požadavky na jeho kreativitu, abstraktní myšlení, představivost a trvalý zájem o novinky z oblasti vědy a techniky.

Tento nepříznivý trend byl zásadně prohlouben hlubokou finanční krizí v letech 2009 a 2010, při které byla podstatně omezena a pozastavena výroba v různých průmyslových

odvětvích a která přinesla podstatný nárůst na téměř 12 % nezaměstnaných pracovníků z řad strojírenské výroby.

Rovněž této situaci napomáhá nepříznivá demografická situace v naší zemi. Dochází k dlouhodobému snižování populace a tím také k přirozenému snižování počtu zájemců o studium

Negativní trend pro náš průmysl má rovněž nárůst migrace obyvatel, tj odchod absolventů středních i vysokých škol do zahraničí.

V této souvislosti dochází ke snižování počtu technických škol, počtu absolventů a zájemců pracovat ve výrobních firmách.

Aby dopad na průmysl v ČR byl co nejmenší, je nutné situaci změnit. Zlepšenou motivací dětí hledat cesty ke zvýšení zájmu o tyto obory. I proto je nutné zkvalitňovat výuku ve školách technického směru.

I . TEORETICKÁ ČÁST

1. HODNOCENÍ UČEBNÍCH PLÁNŮ

1.1 VÝVOJ A VÝZNAM STROJÍRENSTVÍ

Železo a ocel hrály významnou úlohu ve vývoji civilizace po období několika tisíciletí. Tyto dva nejrozšířenější konstrukční materiály nalezly, díky svým mechanickým vlastnostem, značné využití v zemědělství, stavebnictví, výrobě a rozvodu energie, výrobě strojů a zařízení, v domácnostech a ve zdravotnictví.

Z historického pohledu je strojírenství úzce spjato s rozvojem zpracování kovů, jehož tavba byla známa v Egyptě, v Mezopotámii a dalších oblastech střední Asie /Wikipedie.com/.

Od doby řemeslné malovýroby k dnešní podobě průmyslové produkce prošla výroba železa i oceli velmi složitou cestou. V tomto časovém období došlo k zásadním změnám v technologické i ekonomické oblasti výroby. V průběhu jednotlivých etap byl výrobní proces výrazně zdokonalován a rozšiřován z pohledu sortimentu i kvality materiálu. Vývoj průmyslové výroby probíhal rovněž se stále rostoucí produktivitou práce, snižujících se nákladů a negativních ekologických vlivů na životní prostředí člověka.

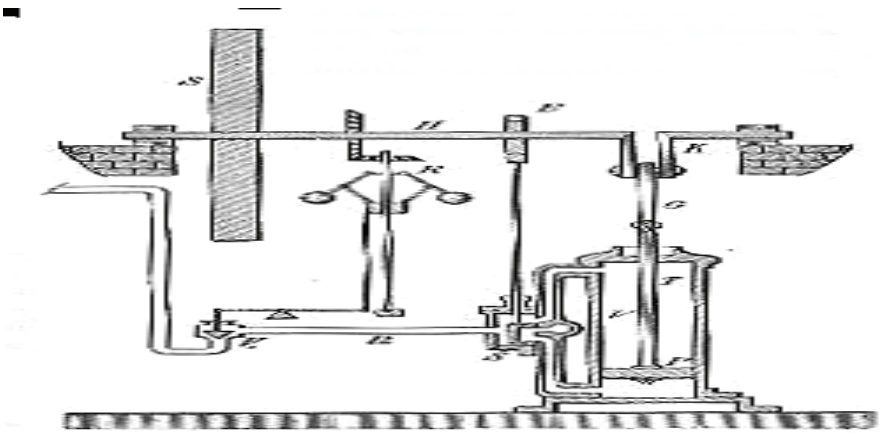
V této souvislosti se i strojírenství vyvíjelo v několika etapách. K zásadnímu rozvoji dochází ve středověku. Ve 14. století byl vynalezen střelný prach a tento unikátní vynález okamžitě našel využití ve vojenství. V tomto období došlo také k vynálezu děla. Prvními výrobci dělových hlavní se stali slévači zvonů. Výrobci hlavní i uživatelé této techniky brzy poznali, že kvalita otvoru hlavně je po odlití nedostatečná. Středověcí řemeslníci pak hledali cesty vedoucí ke zkvalitnění výroby. V stejné době zřejmě došlo i k vynálezu obráběcího stroje včetně nástroje na výrobu díry. Stroj byl zhotoven ze dřeva.

V průběhu 15. století docházelo k rozšiřování tohoto typu výroby, rovněž byla zahájena výroba ručních zbraní.

16. století je pak označováno za počátek vědecké revoluce. V tomto období dochází k velkému rozvoji důlní techniky a vojenství. Rovněž byly nalezeny nové zdroje energie.

17. století je charakterizováno prvními pokusy s pístovými stroji a vývojem zařízení pro čerpání vody. V tomto století rovněž dochází k významnému pokroku ve vývoji nových pracovních technologií. V roce 1624 byl v Anglii založen Patentový úřad. Došlo k významným objevům a poznatkům, jako bylo zavedení Hookova zákona mezi vnější silou a deformací, následovalo pak Youngovo stanovení modulu pružnosti materiálu.

18. století je charakterizováno vynálezem parního stroje. Tento energetický stroj měnil kinetickou energii páry na rotační nebo přímočarý pohyb. Jeho autorem byly angličané Severy a Newcomen. Plného využití stroje bylo dosaženo Wattovým zavedením regulačních prvků. Vynález tohoto typu stroje jako motorové jednotky odstartoval průmyslovou revoluci. Výroba parního stroje zásadně ovlivnila vývoj slévárenství, obráběcích strojů a nástrojů.



Obr.1 Schéma parního stroje

19. století je pak charakterizováno jako období páry. Vznik prvních obráběcích strojů a následný rozvoj třískového obrábění kovů spadá do období tzv. průmyslové revoluce v 18. a 19. století. Tato doba byla charakterizována nejen postupnou náhradou manuální práce člověka strojovou výrobou, přechodem manufakturní výroby do průmyslové výroby, ale také realizací velkého množství technických novinek a vynálezů.

Rozsáhlá industrializace strojírenství a expanze obchodní činnosti nastartovala hospodářský a ekonomický růst mnoha států světa. V této souvislosti byly vynaloženy značné finanční investice do zbrojního a hutního průmyslu, textilního a kožedělného průmyslu, do výroby dopravních prostředků, čerpací techniky, důlní techniky a mnoha jiných odvět-

ví. Kolébkou industrializace se stala Velká Británie, kterou postupně následovalo Německo a USA.

Vznik strojírenského průmyslu v českých zemích je plně spjat se zaváděním textilní průmyslové výroby v 19. století. Malé továrny byly postupně vybavovány stroji zahraničních výrobců. Za účelem provozuschopnosti těchto strojů byly ve firmách zřizovány malé mechanické dílny, jejichž úkolem bylo provádění oprav a výroba náhradních dílů. Jelikož Češi vždy vynikali vysokou učenlivostí, pracovitostí a kreativitou, přecházely tyto dílny postupně k vlastní výrobě strojů a zařízení. Následně tak dochází v tomto období k transformaci drobných továren ve velké strojírenské továrny.

V roce 1821 tak vzniká obráběcí dílna Schöbl & Lutz ve Šlapanicích, pozdější První brněnská strojírna. V roce 1825 byly založeny Salmovy železárny, pozdější ČKD Blansko. V roce 1869 zakoupil Emil Škoda od hraběte Waldsteina jeho strojírny, založené v roce 1859. Ze strojíren vznikly Škodovy závody v Plzni /Wikipedie.com/.

Obrábění kovů na speciálních strojích je tedy relativně nová technologie. Významný mezník tohoto výrobního odvětví nastal ve 20. století, kdy parní stroj jako dominantní hnací jednotka s transmisním pohonem strojů byl nahrazen elektromotorem. Již v tomto období byla patrna úzká souvislost ve vývoji nástroje, stroje a obrobku. Tento trend se stále vyšší intenzitou pokračuje i v současnosti.

Obr.2 Asynchronní motor

Strojírenství v současné době zasahuje do všech oblastí života člověka a stalo se nepostradatelným při výzkumu přírody, světa a vesmíru. Rovněž rozhodujícím způsobem ovlivňuje vývoj v dalších oblastech, jako jsou informační technologie, sdělovací technika a telekomunikace, průmyslová výroba, vojenství, energetika, obchod, kultura, zdravotnictví, zemědělství, doprava, stavebnictví, bydlení a domácnost člověka, apod.

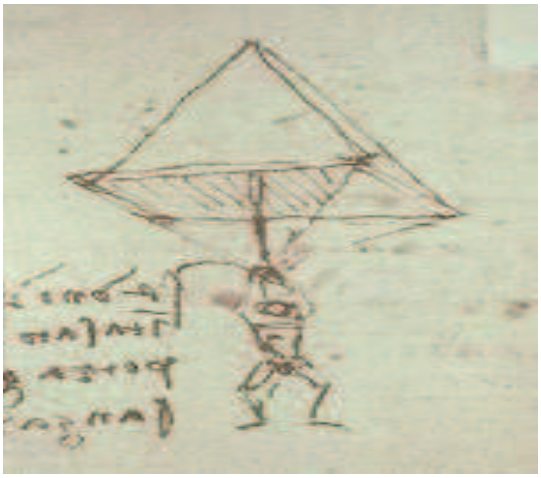
Vývoj techniky je vždy spojen i s řadou rizik a neúspěchů. Dokladem jsou četné válečné konflikty, neštěstí v železniční, letecké i lodní dopravě, autohavárie, havárie jaderných, energetických a ropných zařízení a pod, které mají na svědomí osobní tragédie člověka, značné škody v ekologické a ekonomické oblasti.

Vývoj techniky se stále více zaměřuje na ekologickou oblast, protože dopravou, průmyslem, elektrárnami, obytnými oblastmi i technizací a chemizací zemědělství dochází k destruktivnímu zatěžování životního prostředí. Se vzrůstajícím počtem obyvatelstva bude nutné do budoucna celosvětově zajistit vzrůstající spotřebu potravin a energie. Pravděpodobně nejdůležitější a nejvýznamnější kroky vědeckotechnického rozvoje se budou v blízké budoucnosti odehrávat v oblasti výroby energií, náhrady ropných derivátů, zavedení recyklačních technologií a v oblasti biotechniky a biotechnologie.

1.2 VÝVOJ KONSTRUOVÁNÍ

Po mnoho tisíciletí se člověk snažil o vytvoření obrazu, kde by zachytil realitu svého života. Po dlouhá období rovněž vytvářel obrazy svých myšlenek, svých představ o budoucnosti. Mnoho těchto snů bylo uskutečněno a setkáváme se s jejich realizovanou podobou ve zcela běžném životě.

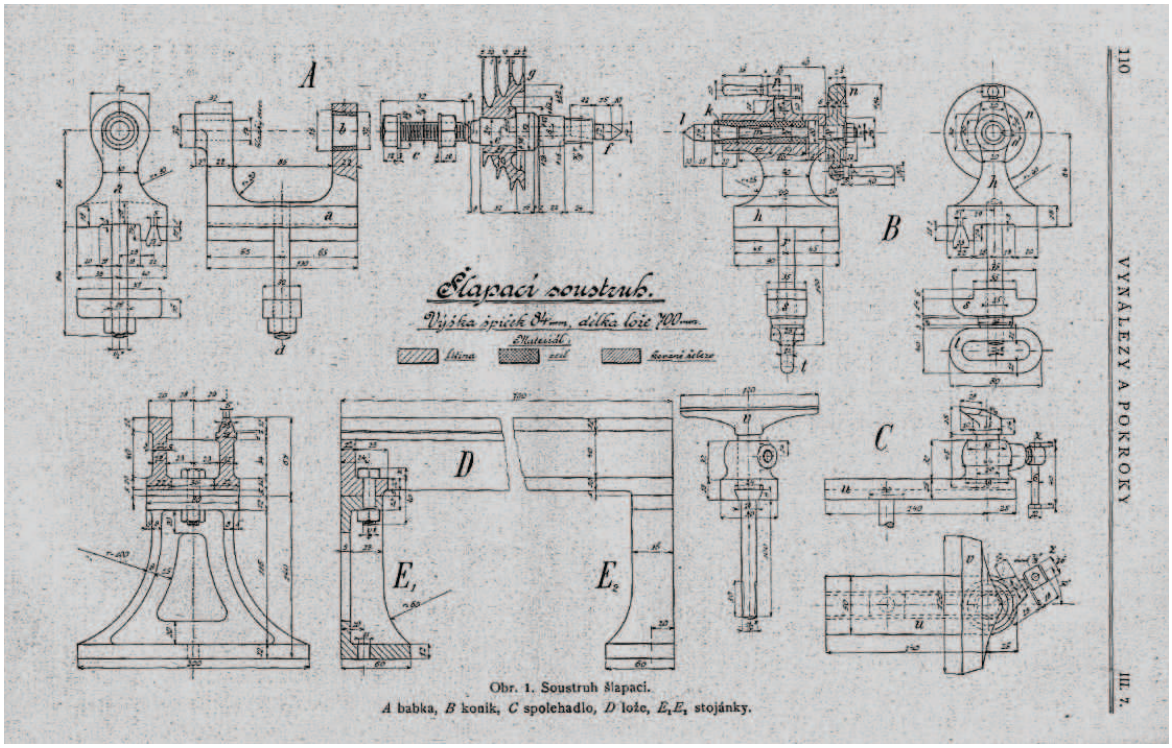
Zřejmě prvenství ve znázornění svých vizí náleží Leonardu da Vinci. Tento všestranně nadaný člověk italské národnosti v průběhu 15. století svojí prací výrazně ovlivnil mnoho oblastí lidského života, především umění a vědu . Leonardo v průběhu svého života vynikl nejen jako renesanční myslitel, malíř, sochař, spisovatel, lékař, architekt, ale hlavně jako vynálezce a konstruktér /Wikipedie.com/.



Obr.3 Leonardo da Vinci-Létající stroj

Zanechal pro nastávající generace rozsáhlé dílo světového formátu. Mimořádné pozornosti dosáhl svými technickými návrhy v oblasti létajících strojů, pracovních strojů, zařízení pro využití vodní i větrné energie, zařízení pro vojenské účely. Leonardo da Vinci se tak svými nápady a jejich technickými náčrty stal nepopiratelně průkopníkem inženýrského myšlení.

S nástupem průmyslové revoluce a s rozvojem industrializace vzešel požadavek na vytvoření grafického systému pro předání myšlenek a znázornění intuicí a představ člověka. Tomuto systému nejvíce vyhovovaly náčrty a kresby, které se staly pilotními nositeli informací pro zhotovení nového výrobku.



Obr.4 Technický výkres šlapacího soustruhu

Opakování výroby produktu, jeho export do zahraničí, kooperace výroby, vyměnitelnost a nahraditelnost součásti u finálního výrobku si vyžádala zcela nový přístup ke zhotovení součásti a celého funkčního zařízení. Tím se stala výrobní dokumentace. Postupně byla propracována pravidla pro kreslení výkresu, který obsahoval nejen náčrt tvaru součásti v různých pohledech, ale také zde byly uvedeny jeho rozměry. V této souvislosti vznikl postup pro tvorbu výkresu sestavy, který znázorňoval sestavení součástí do funkčního stroje.

Postupně byly výkresové systémy dále zdokonalovány a doplňovány dalšími informacemi, které měly mezinárodní charakter . Do kreslení technické dokumentace byla zavedena tzv. normalizační pravidla, která stanovovala postup kreslení tvaru součásti včetně zápisu jednotlivých rozměrů. Postupně byly výkresy rozšířeny o další důležité informace, jako byly tolerance rozměru, geometrické úchylky tvaru a polohy, drsnost povrchu, zápis označování materiálu, tepelného zpracování, apod.

Samotné zavedení normalizace znamenalo zásadní posun v rámci mezinárodní kooperace a mezinárodního obchodu. Dodržování normalizačních prvků znamenalo vytvoření komplexního systému, který zajišťoval srozumitelnost a čitelnost a umožňoval vyrobení kvalitní součásti funkčních vlastností.

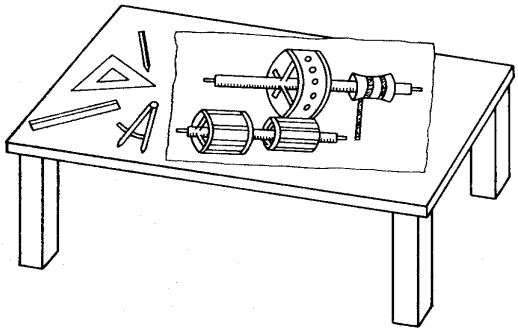
Významnou úlohu v tomto procesu technického vývoje sehráli sami autoři a nositelé těchto technických myšlenek. Postupně docházelo k jejich separaci od výrobního procesu a začlenění do konstrukčních týmů. Vlastním vývojovým procesem prošlo vybavení konstrukčních týmu, vytvoření specializačních profesí apod.

1.3 VÝVOJ KONSTRUKČNÍCH PRACOVIŠŤ

Základním úkolem konstruktéra bylo vždy navrhování výrobků, které v konkurenčním prostředí dosahují stále dokonalejších technických parametrů, zajišťující jeho vysokou funkční spolehlivost a snadnou obsluhu. Pro dnešní společnost jsou uvedené činnosti rozšířeny o další směry, a to zajištění výroby strojů ve stále kratších termínech a s nízkými náklady.

Kvalitní práce konstruktéra byly vždy ovlivněna i pracovními pomůckami. Konstrukční kancelář vývojového pracovníka prošla několika zásadními vývojovými etapami, a to:

- v 19. století konstruktér používal ke kreslení pouze tužku, běžný papír, pravítka a trojúhelníky, kružítko a znalosti z matematiky a geometrie



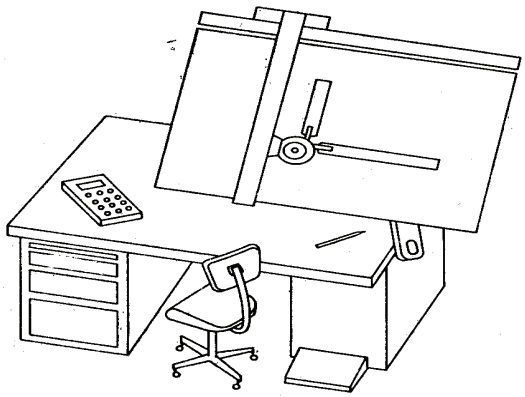
Obr.5 Konstrukční pracoviště 19.století

- na počátku 20. století konstruktér používal ke kreslení rýsovací prkno s pantograficky uloženými pravítky, kreslící papír, tužku, kružítko. Pro výpočty používal logaritmické pravítko, logaritmické a fyzikální tabulky.

- v období 1930- 1965 konstruktér používal ke kreslení rýsovací prkno s pantograficky uloženými pravítky, kreslící papír, tužku, kružítko. Nákresy se překreslovaly tuší na pausovací papír, který se stal originálem výkresu. Světlotisk umožňoval reprodukci originálu na kopie. Pro výpočty používal, logaritmické pravítko, logaritmické a fyzikální tabulky, soubor norem.

- v letech 1970- 1985 konstruktér používal ke kreslení rýsovací prkno s přímočarým vedením pravítek, kreslící papír, tužku. Nákresy se překreslovaly tuší na pausovací papír, který se stal originálem výkresu. Světlotisk umožňoval reprodukci originálu na kopie. Pro výpočty používal kapesní kalkulátory, fyzikální a materiálové tabulky, státní a oborové normy.

Velké množství technických informací konstruktéři získávali z odborných časopisů, a to nejen z tuzemských, ale hlavně ze zahraničních.

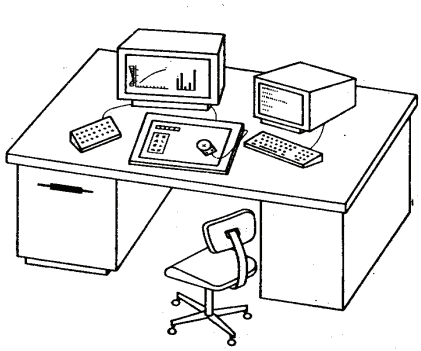


Obr. 6 Konstrukční pracoviště v letech 1970-1985

- v období 1986-1996 se běžně používalo rýsovací prkno s přímočarým vedením pravítek, kreslící papír, tužka, pauzovací papír a tuš se sadou per, Nákresy se překreslovaly tuší na pausovací papír, který se stal originálem výkresu. Světlotisk umožňoval reprodukci originálu na kopie. Objevily se první osobní počítače s textovým editorem T602, používaným pro psaní, a s jednoduchou grafiku. V důsledku politických změn ve státě došlo k zásadním změnám normalizačního systému. Podnikové a státní normy byly nahrazeny mezinárodními normami ISO.

Rovněž byly používány jednoúčelové počítače s pevným programem pro základní výpočty

- 1997-2000 počítač s nainstalovaným software pro kreslení ve 2D . Období zavedení vývojového postupu: výzkum – vývoj – výroba – užití



Obr.7 Konstrukční pracoviště v letech 1997-2000

- 2001-2004 počítač s nainstalovaným software pro kreslení ve 3D, tiskárna, skener, připojení k internetu, počítač pro výpočty metodou konečných prvků, napojení na vnitropodnikový systém řízení

- 2005-2010 počítač s nainstalovaným software pro kreslení ve 3D a animací, s výstupem pro vnitropodnikové řízení, tvorby výpočtů, technologických postupů vč. programování CNC strojů. Další použité periferní jednotky, jako jsou multifunkční tiskárna s možností kopírování, skenerování a tisk, připojení PC k internetu, digitální archiv modelů výkresů.

V současné době doznívá klasické pojetí konstrukčních kanceláří , které byly vybaveny rýsovacími deskami se sadou pravoúhlých pravítek, upevněnými na pantografickém mechanismu, jenž umožňoval přesné rýsování ve 2D, a je plně nahrazeno interaktivním počí-

tačovým systémem, umožňujícím tvorbu různých variant řešení , použitím pro různé aplikace a prováděním optimalizace a analýzy technických problémů.

1.4 VÝVOJ VÝUKY KONSTRUOVÁNÍ

Znalosti a dovednosti řemeslníka se v průběhu vývoje lidstva stále rozšiřovaly a zdokonalovaly. Profesní zkušenosti, získané v daném oboru, byly postupně předávány dalším generacím.

V nejstarších obdobích bylo toto předávání letitých profesních informací rodinnou záležitostí, které postupně přecházely na výuku vlastního tovaryše. Se vznikem velkých strojírenských firem vznikala potřeba výchova velkého množství vlastních pracovníků a tak docházelo postupně k zakládání firemních učilišť. Rozvoj vědy a techniky vedl postupně k zakládání veřejných technických škol.

První inženýrská škola v českých zemích byla založena v období let 1707 - 18 v Praze. Tato inženýrská škola měla středoškolskou úroveň. Podle vzoru Ecole polytechnique v Paříži byla v roce 1806 v Praze založena Vysoká škola polytechnická, která již fungovala jako vysoká škola. Tato škola byla v roce 1920 přejmenována na České vysoké učení technické /Wikipedie.com/.

Své místo na této škole měla fakulta strojírenství, kde předmětem výuky byla nejen matematika, ale i soubor exaktních věd a nauka o konstruování. Již v tomto období bylo patrné, jak významné postavení ve společnosti tato činnost zaujímá a jak důležité poslání tato činnost má pro budoucnost.

V současné době se s klasickou formou konstrukční práce ve firmách nelze setkat. Doba použití tradičních použití rýsovacích pomůcek je až na malé vyjímky plně nahrazeno interaktivním počítačovým systémem pro tvorbu technické dokumentace. Počítačová grafika umožňuje provádět v rámci projektu různé varianty řešení, jejich vyhodnocení, optimalizaci, analýzy a jejich operativní změny.

1.5 HODNOCENÍ VÝUKY KONSTRUOVÁNÍ

S malým zpožděním bylo změněno také kvalitativní vybavení učeben pro výuku konstrukčního cvičení ve školách . V současné době jsou specializované učebny vybaveny:

- centrálním učitelským počítačem umožňující maximální využití, kontrolu a vyhodnocení práce žáků

- řadou žákovských počítačů s řadou výukových softwarových aplikací umožňující kreslení ve 2D /Autocad2006/ a 3D /Inventor/. Pozitivní je možnost okamžitého připojení k Internetu.

- všechny počítače jsou vybaveny 19-ti palcovými LCD monitory

- učebny jsou vybaveny běžným didaktickým zařízením, které umožňuje zrakové vnímání výuky (zpětný projektor s plátnem)

- učebny jsou rovněž vybaveny dalším didaktickým zařízením, které umožňuje zrakové i sluchové vnímání výuky (dataprojektor připojený k učitelskému počítači včetně použití svinovacího plátna). Do našich škol se stále ve větší míře používají velkoplošné interaktivní tabule, umožňující připojení k učitelskému počítači

- učebny jsou také vybaveny klasickými tabulemi, umožňující provádět ruční kreslení popisovými fixy.

- učebny jsou též vybaveny multifunkčními tiskárnami, které umožňují provádět skenerování, tisk a kopírování výkresových souborů.

Dle mého názoru jsou specializované učebny v současné době po hardwarové stránce vybaveny dostatečně. Nevhodné je však softwarové vybavení, vyžadující pravidelný upgrade, který však není prováděn. Tento nedostatek přináší další problémy, které jsou popsány v části 2.3.6.

Přičemž školy disponují vlastním správce komunikační sítě, který nese plnou zodpovědnost za kvalitu a provoz počítačové sítě, instalaci programů, použití software výhradně s licencí apod.

2. NOVÉ POZNATKY V OBLASTI KONSTRUOVÁNÍ

2.1 NAUKA O KONSTRUOVÁNÍ

Je to cílevědomá činnost člověka, v jejíž průběhu dochází k transformaci intuicí, myšlenek, názorů, vizí a zkušeností k reálnému technickému zařízení. Výsledkem je výrobek, od kterého se očekává:

- funkčnost
- spolehlivost
- životnost
- bezpečnost
- použitelnost
- konkurenceschopnost
- vyrobitelnost
- prodejnost

Hlavním aktérem této činnosti je konstruktér, který již v průběhu technické přípravy rozhoduje o rozměrech materiálu součásti, určuje její tvar, opracování povrchu, tolerance rozměrů, geometrické úchylky tvaru a polohy apod. Rovněž určuje v rámci provozu stroje její konstrukční vazby, funkční umístění, přístupnost a postup montáže. Konstruktér také rozhoduje o kvalitě nakupovaných komponentů, kvalitě použitého materiálu, rozměrech polotovaru, typu polotovaru, tepelném zpracování, počtu normalizovaných součástí, použití součástí v rámci opakované výroby, tvorbě unifikovaných uzlů apod.

Průzkumy dokazují, že konstruktér svou projekční činností ovlivňuje náklady:

- materiálové z 85 %
- mzdové ze 60%
- výrobní režie z 30%
- technické vlastnosti výrobku téměř z 95%

Průzkumy tak jasně dokazují důležitost práce konstruktérů a projektantů, která nikdy nebyla dostatečně ohodnocena /Kříž ,1998, s.110 /.

Konstrukční činnost je zahrnuta mimořádně vysokým stupněm profesní odpovědnosti. V této souvislosti České republika převzala legislativu Evropské unie v oblasti odpovědnosti výrobce za škodu vzniklou vadným výrobkem a to zákonem č. 59/1998 sb. / Shigley str.21/

2.2 HLAVNÍ ČINNOSTI KONSTRUKTÉRA

Práce konstruktéra je velmi rozsáhlá a různorodá. Míra provádění jednotlivých činností je ovlivněna oborem, velikostí firmy apod. Všeobecně zahrnuje:

2.2.1 PROJEKČNÍ ČINNOST.

- vyhodnocení poznatků z mezinárodních veletrhů a aktuálních požadavků trhu
- specifikaci technických parametrů, projekt a design stroje
- dodržování standardizace a bezpečnostních norem CE
- vypracování technických návrhů jednotlivých uzlů stroje a jeho příslušenství.
- spolupráce s dodavateli speciálních komponentů, nářadí, periferních zařízení obráběcích strojů
- vypracování technických návrhů pro unifikované uzly strojů
- koordinační činnost s konstrukcí elektrického zařízení
- kompletní zpracování kusovníku a kompletní výkresové dokumentace prototypu stroje
- vyhodnocení všech poznatků získaných při výrobě, montáži a zkouškách prototypu
- stanovení nejistot konstrukce, která je ovlivněna rozdílnými vlastnostmi materiálu, polotovaru, rozložení sil a koncentraci napětí, vliv koroze, vliv opotřebení, nedokonalost výpočtu apod.

2.2.2 TECHNICKO-TECHNOLOGICKOU ČINNOST:

- úzkou spolupráci s pracovníky technologie a dalšími předvýrobními útvary firmy
- koordinace a realizace všech požadavků technických útvarů do technické dokumentace
- konstrukci součástí, umožňující maximálního využití výrobní základny firmy
- specifikaci funkčních a technologických zkoušek prototypů

2.2.3 EKONOMICKO-ORGANIZAČNÍ ČINNOST:

- vyhodnocení nákladů a funkčnosti všech technických návrhů

- návratnost investic
- provedení hodnotové analýzy ve fázi projektu stroje a vytvoření nejvhodnější varianty prototypu
- účast na jednáních s dodavateli za účelem specifikace technických požadavků a optimalizace ceny
- provedení technicko-technologických prověrek výkresové dokumentace a realizace výsledků změn do praxe za účelem snížení vlastních nákladů

2.2.4 TECHNICKO-PROVOZNÍ ČINNOST:

- koordinační činnost při výrobě a montáži strojů
- ustavení a oživení strojů na montáži i u zákazníků
- spolupráci s pracovníky servisních služeb
- účast na servisních zásazích, vyhodnocení všech poznatků a realizace změn do technické dokumentace
- jednání se zákazníky ve fázi nabídkovém řízení
- realizace úprav strojů dle požadavku zákazníka
- delimitace výkresové dokumentace do firmy i mimo ni
- změnové řízení

2.2.5 TECHNICKO-PUBLIKAČNÍ ČINNOST:

- vytvoření podkladů pro uživatelské manuály, parts manuály, protokoly o kvalitě stroje, prospekty a pod.
- účast na oponentních řízeních prototypů
- účast na strojírenských výstavách jako technický informátor
- provádění školení zákazníků
- publikace do firemního a technického časopisu

2.3 HLAVNÍ CÍLE VÝUKY KONSTRUOVÁNÍ

2.3.1 VÝUKA KONSTRUKČNÍHO PŘEDMĚTU

V současné době probíhá výuka konstrukčního předmětu ve středních odborných školách v hodinách Konstrukčního cvičení, a to v rozsahu dvou hodin týdně. Tato výuka je organi-

zována tak, že ve druhém ročníku výuka probíhá v rámci celé třídy, ve třetím a čtvrtém ročníku je výuka v dělené třídě.

Cílem tohoto cvičení je seznámit žáky se zásadami navrhování, dimenzování funkčních částí strojů a zařízení, vyhodnocování ekonomických parametrů. Výuka předmětu se opírá o znalosti získané v dalších předmětech, a to:

- technické kreslení (zobrazování, kótování, tolerování součásti na technických výkresech s ohledem na funkčnost)
- stavba a provoz strojů (seznámení s částmi a mechanismy strojů)
- pružnost a pevnost (numerický výpočet mezních stavů materiálu)
- mechanika (statika, dynamika, hydrodynamika, termodynamika, vibrace) včetně numerického výpočtu veličin, které jsou určující pro pevnostní výpočet)
- matematika, fyzika, chemie
- strojírenská technologie (nauka o materiálu, tepelné zpracování, obrábění, tváření, svařování, slévárenství)
- ekonomie (ekonomické výpočty, které vedou k zjištění efektivity výroby)
- základy ekologie (realizace projektů s ohledem na životní prostředí)
- kontrola a měření (metrologie, diagnostika rozměrových stavů, teploty, vibrací za funkčních podmínek)
- elektrotechnika (pohony mechanismů, diagnostika, řídicí a automatizační systémy)
- automatizace (použití řídicích prvků a provádění změnových stavů)
- informační a komunikační technologie (aplikace CAD/CAM/CAE)

a jejich využití pro úspěšnou konstrukční činnost.

V průběhu výuky budou na konkrétních příkladech studenti aplikovat své znalosti ze zobrazování, kótování, tolerování součásti na technických výkresech s ohledem na funkčnost, výrobu, montáž (demontáž) a zkoušky. Během navrhování součástí bude prováděno průběžné ověřování správného dimenzování součásti s využitím základních znalostí z pružnosti a pevnosti, mechaniky a dalších předmětů. Pro optimalizaci výrobku se budou průběžně provádět vyhodnocení a analýzy /hodnotová analýza/.

2.3.2 CÍL PŘEDMĚTU

Cílem výuky předmětu Konstrukční cvičení je žáky:

- seznámit se zásadami navrhování a dimenzování funkčních částí strojů a zařízení
- seznámit s využitím všech aktuálních podpůrných činností CAD, CAE,CAM, CAQ
- naučit žáky samostatné tvůrčí technické práci na jednotlivých úkolech
- naučit žáky týmové práci a podílu zodpovědnosti na projektu
- naučit využít získaných znalostí a vrozené intuice, abstraktního myšlení ve prospěch tvůrčí činnosti

Výuka konstrukčního předmětu ve škole by se měla co nejvíce přibližovat praktickému systému konstruování ve strojírenských firmách. Tento požadavek je spojen:

- s technickým zázemím škol a vybavením tříd
- s pedagogickými a praktickými znalostmi učitele, který by měl znát zásady projekční činnosti z pohledu:

1) normalizace a dodržování jejich pravidel

2) systému tvorby technické dokumentace (projekční, konstrukční dokumentace včetně tvorby parametrických modelů, výkresů, sestav, kusovníku, technických schémat, seznamů položek technologického zařazení, jako jsou odlitky, ozubená kola, výkovky, svarky apod.)

3) hlavních zásad konstruování (nové zařízení, modernizace, inovace, apod.)

4) chronologie projekčního vývoje a postup konstruování (od zadání projektu až po hotový výrobek)

5 spojitosti a významu všech činností (konstrukce a funkčnost, technologie a výroba, výrobní náklady, montáž a demontáž, zkoušky a vyhodnocení , expedice a životnost výrobku, spokojenost zákazníka)

6) postupů rozměrové analýzy v konstrukci součástí, geometrických tolerancí (nezávislých a závislých). Rovněž by měl učitel zdůrazňovat vzájemné vazby mezi rozměrem, stupněm přesnosti, drsností povrchu a výrobními náklady.

7) zásady pevnostního dimenzování (výběru materiálu a tepelného zpracování, klasifikace zatěžování, mezní stavy, vliv tvaru součásti na koncentraci napětí, únavu materiálu, teplotních vlivů)

8) spolehlivosti částí mechanismů strojů (pravděpodobnost ve výpočtech, ukazatelé spolehlivostí, systémy dimenzování).

9) volby technických parametrů v závislosti na ekologických vlastnostech a životnosti

10) počítačové podpory při konstruování (kreslení, výpočty, technologie, aplikace CAD/CAM/CAE).

11) archivace modelů, výkresů

12) informace o výrobcích komponentů, parts serverech (databanka modelů a způsob jejich získávání pro vlastní konstrukční činnost)

13) ergonometrie a designu na funkčnost, komerční úspěšnost výrobku

14) shody výrobku s normou CE (dodržování bezpečnosti výrobku, specifikace rizik)

15) informace o materiálových a výrobních nákladech

cena výrobku= cena materiálu+výrobní náklady+ režie+ zisk

16) informací o vývoji strojírenství, konkurenčním prostředí

17) získávání aktuálních informací z oblasti vědy a techniky

18) urychlení aplikací novinek do nového výrobku

19) autorizace, vynálezů, patentů, průmyslových vzorů, rešerší

20) konstrukčně technologické prověrky výrobku

21) oponentního řízení (připomínkového řízení s uživateli)

22) zkoušek materiálu a finálního výrobku

23) manuálu výrobku (uživatelský, parts manuál, seznamy náhradních dílů)

24) zodpovědnosti a garancí za výrobek vč. trvalé spolupráce se zákazníkem

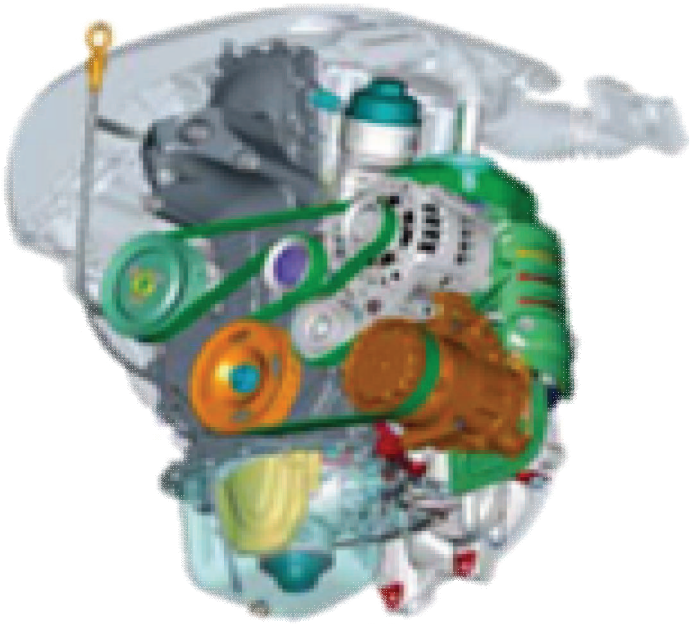
25) operativního servisu a dodávek náhradních dílů

26) komplexní archivace projekční dokumentace

26) diagnostiky

27) údržby

28) významu péče o zákazníka (dodržování zásady „Náš zákazník náš pán“)



Obr. 9 Model motoru automobilu

Tyto činnosti může znát pouze učitel, který byl dlouhodobě zaměstnán v konstrukční kanceláři renovované firmy anebo je externím učitelem. Jedině takový učitel může být pro žáky i pro školu přínosem.

2.3.3 VÝZNAM IT TECHNOLOGIÍ

V současné době se pilotním předmětem na technických školách stala výuka Informační a komunikační technologie. Tento předmět se zabývá nejen hardwarovou stavbou počítače, ale také softwarovým vybavením, tj. jeho funkčností. Předmět se také zabývá instalací programů, jeho použitím, aktualizací, zpracováním a přenosu informací, textů, grafů, vyhodnocování dat , vytváření databází, počítačových sítí, jejich ochrany a pod. Do výuky je zařazena také práce s počítačovou grafikou.

Teoretická a praktická část práce s počítačem probíhá v 1. a 2. ročníku. Ve druhém až čtvrtém ročníku pak probíhá výuka kreslící grafikou, ve čtvrtém ročníku pak ještě probíhá výuka programování CNC strojů.

2.3.4 AKTUÁLNÍ VÝUKA IT TECHNOLOGIÍ

V současné době instalované CAD systémy ve škole umožňují provádět:

- běžné činnosti spojené s instalací operačního systému fy. Microsoft a to použití Windows Office, tj. Word (psaní textu), Excel (tvorby tabulkových textů, grafů), Outlook (využití Internetu)

- v rámci počítačové podpory konstruování:

  - 2D návrhy a konstrukce softwarovým systémem AUTOCAD (produkt fy. Autodesk) a to výukou ve 2.-4. ročníku v předmětu Konstrukční cvičení

  - 3D modelování součástí a tvorba sestav, následné generování výkresové dokumentace systémem AUTODESK INVENTOR, produkt fy. Autodesk. Výuka se provádí až ve čtvrtém ročníku, což je pozdě k tomu, aby žáci tuto grafiku zvládli po praktické stránce v rámci předmětu Konstrukční cvičení.

2.3.5 PROGRAMOVÁNÍ CNC STROJŮ

Výuka programování probíhá ve 4. ročníku:

- použitím profesionálního systému ALPHACAM

- výuka je zaměřena na provedení individuálního nákresu součásti v program Inventor.

Žák v rámci praktického řešení volí materiál polotovaru součásti, provádí výběr nástroje, generování dráhy nástroje, simulace obrábění, generování NC kódu

Současné nainstalované programové moduly umožňují vytvoření řídicího programu pro soustružnické a frézovací operace

2.3.6 VYHODNOCENÍ VÝUKY IT TECHNOLOGIÍ

Je všeobecně známé, že softwarové firmy svoje produkty stále zdokonalují a vylepšují. Rovněž fa. Autodesk provádí inovaci svého produktu, tzn. že jsou vytvářeny softwarové verze. Je evidentní, že školský systém nemá dostatek financí a školní systém používá licence staršího provedení.

Je potěšitelné, na druhé straně rodiče žáků se snaží podpořit své děti ve výuce a kupují pro studijní účely svých dětí nové softwarové verze, které samozřejmě nejsou kompatibilní se školním provedení.

V této souvislosti nastává ve výuce závažný problém. Po žácích se požaduje, aby v rámci domácích úkolů pracovali na vlastním řešení. Zklamání pak přichází v okamžiku, kdy svoji práci předkládají ve škole ke kontrole a jsou problémy s otevřením projektového souboru.

Tento nedostatek je jedním ze zdrojů kopírování cizích souborů a podvádění.

2.4 METODY KONSTRUOVÁNÍ

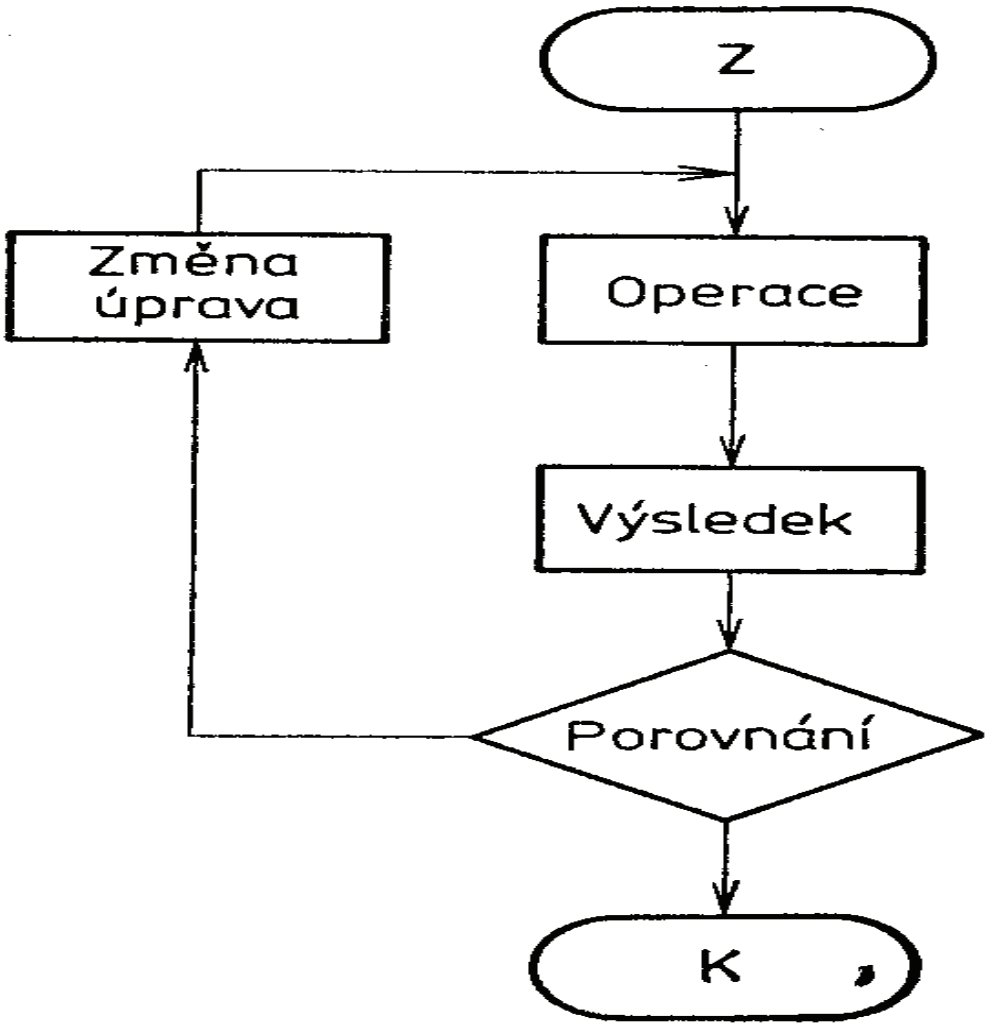
Konstrukční řešení nového nebo inovovaného výrobku se v současné době provádí těmito metodami:

1) rutinní - je založena na shromažďování informací a zkušeností jedince

2) intuiční- je založena na intuicích a vizích, rovněž je ovlivněna zkušenostmi jedince

3) kolektivní- je založena na hledání společného řešení, hlavní úlohu zde sehrává brainstorming nápadů a prosazování nejvhodnějšího a optimálního řešení

4) systematickou – vychází z vědeckého přístupu jednotlivce nebo vývojového týmu. Metoda zahrnuje aktuální poznatky ze všech oblastí konstruování včetně použití výpočetní techniky. Je to nejvhodnější metoda, která využívá všechny kladné aspekty předchozích metod.



Obr.10 Myšlenkový proces konstruování

Na obr. 10 je znázorněn myšlenkový proces konstruování, řešení problému, realizace myšlenky, porovnání s realitou /Kříž, 1998, s.131/.

3. NOVÉ POZNATKY V OBLASTI CAD KONSTRUOVÁNÍ

3.1 KONSTRUOVÁNÍ VE 2D

V současné době je projektování ve 2D na ústupu. V tomto směru byl nejvíce používaný kreslící systém Autocad , výrobek fy. Autodesk.

Tento počítačový software byl prvním pilotním produktem, který postupně od roku 1982 nahradil klasické formy konstruování na rýsovací desce. Jelikož konstruování ve 2D nemá

vazby na další podpůrné činnosti, nenachází v současnosti tento software již takové uplatnění, jako tomu bylo v minulých letech.

V současné době je vhodné využít 2D Autocad a podobné produkty pouze pro kreslení schémat různých technických oborů / energetika, hydraulika, kinematika a pod/.

Rozhodně však použití počítačové grafiky v uplynulém období mělo pokrokový charakter.

3.2 KONSTRUOVÁNÍ VE 3D

Již od základní školy se učíme poznávat okolí kolem nás a vlastní prostorové vize a představy o budoucím tvaru tělesa převádět do roviny/technická dokumentace/. Následovně se snažíme o jeho transformaci z roviny zpět do prostorového tvaru /výrobek/. Snadnější cesta je tedy realizovat své myšlenky přímo v prostoru, tedy ve 3D. Tento trend je v současné době plně realizován pomocí nových systémů počítačové grafiky.

Virtuální konstruování ve 3D tak prochází velmi dynamickým obdobím. V současné době jsou v technické praxi nejrozšířenější tyto produkty:

-Inventor (produkt fy. Autodesk)

-ProEngineer / Creo (produkt fy. PTC)

-Solid Works

-Solid Edge

-Catia a další.

Všechny profesionální CAD systémy jsou určeny pro parametrické konstruování ve 3D. Jsou vhodné pro tvorbu výrobků v široké oblasti strojírenské výroby. Konstruování reálných součástí je prováděno pomocí tvorby modelů, proto jsou obecně nazývány modelářem.

Všechny systémy vynikají vysokým stupněm asociativity, která umožňuje provádění změny přímo v jakémkoliv stadiu vývojovém procesu. Všechny změny a modifikace prováděné na modelu, výkresu a sestavě se promítají automaticky do výkresové dokumentace a dalších aplikací CAD.

3.3 VLASTNOSTI SOFTWARU

Mezi základní vlastnosti aktuálních CAD produktů patří:

- tvorba 3D modelů
- tvorba modelových sestav
- tvorba výkresové dokumentace
- tvorba svarků
- tvorba animací
- fotorealistické presentace
- transformace 3D modelů do 2D výkresů
- tvorbu mechanismů
- tvorbu prutových soustav
- importování a exportování modelů z jiných CAD prostředí
- komunikace v různých standardech /Oves, Step, Dxf, Pdf, Dwg/
- importování a exportování dokumentace po Internetu, Intranetu
- kontrola 3D a 2d prostředí

Mimo tyto základní operace je možné systém rozšířit o další speciální moduly pro tvorbu:

- potrubních systémů
- kabelových systémů
- a realizace analýz
- a konstrukci nástrojů a forem
- CNC programů a technologických postupů
- a řízení projektů

V současné době hardwarové vybavení počítače i jejich softwarové aplikace pro konstruování dosahují špičkové úrovně. Těžko se hodnotí a hledá nejlepší softwarový produkt, protože jeho inovační interval se neustále zkracuje. Výrobci úzce spolupracují s uživateli a operativně plní jejich připomínky a požadavky. Velmi často uživatelé využívají placených služeb výrobce spočívající v aktualizaci produktu, takže mají pro svoji práci stále nejnovější verzi.

3.4 RACIONALIZACE VÝVOJOVÉHO PROCESU

V dnešní době se stalo používání IT technologií pro většinu technických pracovníků zcela běžnou činností. I přes dosahovanou špičkovou úroveň softwaru, vzdělanost pracovníků je stále možné hledat v projekčních kanceláří prostor pro zlepšení efektivity práce.

Toto zefektivnění vývojového procesu se soustřeďuje do následujících oblastí:

1/ zlepšení znalostí konstrukčního CAD systému

je vhodné v rámci konstrukční kanceláře orientovat se na jednoho výrobce softwaru a provádět jeho pravidelný upgrade

2/ vytvořením vlastní knihovny normalizačních a standardizovaných součástí
základem je vytvoření rozsáhlá a kvalitní knihovny modelů normalizovaných součástí, včetně základních typů vyráběných součástí rotačního a skříňového charakteru. Velmi důležitá je jich evidence a orientace při výběru a snadné dostupnost modelů pro stažení a umístění do stavového modelu

3/ opakovaným využitím unifikovaných a existujících součástí

4/ použít pro nové konstrukce součásti i strojní uzly, které jsou nadčasového charakteru a vykazují stále vysokou kvalitativní a ekonomickou hodnotu

5/ zkvalitnění řízení technického vývoje výrobku

vytvořit v oblasti řízení přesná pravidla a opatření, která vedou k zajištění plynulého průběhu vývoje a výroby.

6/ zajištění podílu zodpovědnosti při realizaci výrobku

7/ koordinované řízení vývojového týmu za účelem řešení komplexního projektu

8/ koordinované řízení všech útvarů podílejících se na realizaci projektu

9/ zajištění správné specifikace zadání

10/ zajištění technologičnosti výroby a stanovení priorit v pořadí výroby:

- odlitky /nutno zajistit výrobu modelového zařízení/
- výkovky / volné kování-zápustky/
- dodávku nestandardního nakupovaného materiálu /dlouhá dodací lhůta/
- kooperační výrobu

11/ použití jednoduchých strojírenských výpočtů

Jedná se o základní pevnostní výpočty nejvíce užívaných strojních součástí , jako jsou šroubové spoje, kolíky, nýty, pera, svary, řemeny, řetězy, ložiska a pod.

12/ rozšíření CAD funkcí

Ve 2D verzi nejsou vždy nainstalovány všechny funkce technického kreslení, které vyžadují platné ČSN normy. Proto je vhodné si tyto nadstavby vytvořit nebo zakoupit a okamžitě do počítačů nainstalovat. Jedná se o automatické vynášení pozic na výkresu, editaci kót, označení řezů, pohledů, svarů apod.

13/ vytváření a zpracování kusovníků

aplikace pro vytváření a zpracování kusovníků, která umožňuje jejich vložení přímo na výkres, samostatně tisknout, přenášet do jiných formátů, jako je Excel a nebo převádět do databázového systému řízení. Je vhodné použít i nástavbu umožňující transformaci kusovníků v jazykových verzích.

14/ přenos softwarového nastavení

nástavba umožňující jednoduché přenesení nastavení nadstavby z jednoho počítače na druhý. Toto umožňuje využít jeden program na více počítačích.

Všechny uvedené racionalizační nástroje podstatným způsobem eliminují rutinní činnosti pracovníků a podstatným způsobem zkracují čas potřebný pro konstrukční vývoj a také realizaci výrobku.

3.5 POČÍTAČOVÉ VÝPOČTY /CAE/

Výpočty součástí a mechanických systémů mají pro oblast konstruování mimořádný význam. Rozhodujícím způsobem dokazují správnost osobního rozhodnutí konstruktéra v průběhu projekční činnosti. Předmětem automatických výpočtů jsou:

1/ mechanické části stroje a to z pohledu jeho :

- kinematiky
- statiky
- dynamiky
- pružnosti a pevnosti
- dovolených deformací, tuhosti, kmitání

Mezi základní výpočty mechanismů patří kontrolní výpočty průřezů součásti v závislosti na typu materiálu, jeho tepelném zpracování, počtu kusů jednotlivých elementů apod.

2/ energetické oblasti stroje a to :

- výpočty práce výkonu
- tepelného ohřevu a chlazení

3/ tepelné oblasti stroje a to:

- tepelných vlivů na deformace zařízení
- tepelných vlivů na pevnost materiálu

4/ elektrické oblasti stroje a to:

- průřezy, délky vodičů
- chlazení elektrických tepelných zdrojů

5/ technologické oblasti:

- optimalizace řezných podmínek
- délky obráběných ploch

6/ ekonomické oblasti a to:

- v rámci kalkulace náklad
- návratnosti investic a finančních rozborů
- plánovací oblasti a to výrobních harmonogramů

Speciální kategorii výpočtu jsou informace o tuhosti soustavy, deformacích a kritickém stavu napjatosti, vlivy teplotního spektra na činnost zařízení, jeho vibrace, frekvence, kmity, apod., pro které se výhradně používají výpočty metody konečných prvků /MKP/.

3.6 POČÍTAČOVÉ TECHNOLOGIE /CAM/

Technologické zpracování výkresové dokumentace hraje významnou úlohu v předvýrobním procesu. Současné moduly produktu CAM systému umožňují provádět:

- rozpracování sledu výrobního procesu do jednotlivých výrobních operací až po montáž a zkoušky
- využití dědičných informací při zpracování technologické dokumentace
- provádět technologické náčrty o upnutí a obrábění
- specifikaci kvality a množství materiálu
- specifikaci výrobního zařízení
- specifikace a seřízení nástrojů
- specifikace upínacího zařízení a přípravků,
- organizování výrobního procesu
- zpracovávají program pro CNC obráběcí a tvářecí stroje
- bezdrátovou komunikaci, vzdálený přístup k CNC
- kontrolu a evidenci programů
- virtuální simulace pracovního procesu při upínání a obrábění
- synchronizaci pohybu při víceosém obrábění
- rozhodnutí o kooperacích
- mezioperační kontrolu rozměru

Základním prvkem pro použití CAM technologie je parametrický 3D model, který je vytvořen v průběhu projekčních činností CAD.

V současné době umožňují produkty CAM systému provádět programování pro klasické a vysokorychlostní obrábění a to pro tyto operace :

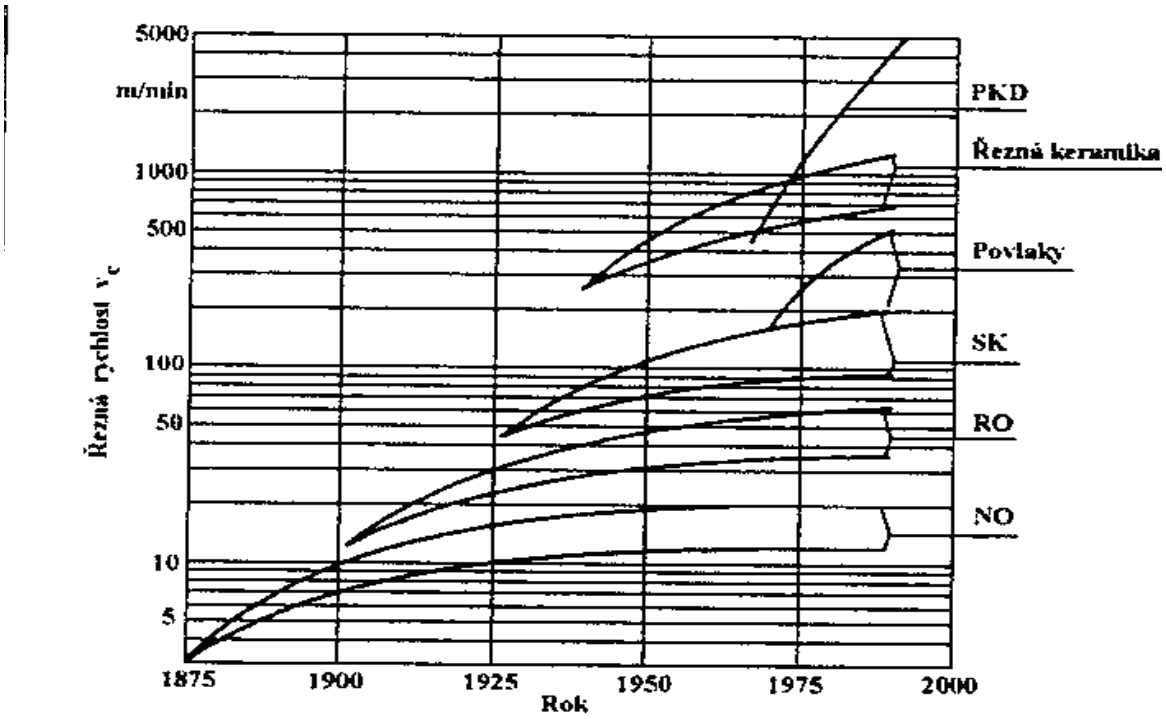
- víceosé soustružení (výroba tvarových rotačních ploch)
- 2D, 3D frézování (klasické frézování, výroba forem a zápustek)
- víceosé frézování (až pět současně řízených os při výrobě turbín a oběžných kol)
- multifunkční technologie (provádění frézovacích, soustružnických, brousících operací multifunkčními obráběcími stroji)
- vrtání a závitování
- drátové řezání

Technologická dokumentace má ve výrobním procesu velký význam. Snižování technologických nákladů umožňuje snižovat vlastní výrobní náklady, materiálové náklady, snižovat energetické náklady.

Zvyšování produktivity práce a zdokonalování technologických procesů výroby a montáže mají v pracovním procesu stále větší význam. Je to dáno nárůstem složitosti výrobku, tvrdou konkurencí v prostředí tržního hospodářství, zdražování pracovní síly, zvyšováním cen materiálu a energií.

Klíčem k dosažení kvalitního povrchu obrobku, přesného rozměru, krátkého výrobního času mají:

- technické parametry, tuhost stroje
- použití progresivních nástrojů (materiál, tvar a povrchová úprava nástroje)
- optimalizace řezných podmínek (viz Obr.11)
- použití automatizačních systémů a příslušenství
- počet opnutí obrobku
- konstrukce a tvar polotovaru obrobku



Obr.11 Vývoj řezných rychlostí

Nedílnou součástí tohoto systému je zpracování řídicího programu CNC pro danou součást, a to:

- pro obráběcí stroje
- pro technologická a bezobslužná pracoviště
- pro automatizované výrobní linky
- pro manipulační technologie /roboty/
- pro svařovací stroje
- pro tvářecí stroje program pro vypálení a ohýbání součástí z plechu

Program obsahuje všechny informace důležité pro:

- pojezd dráhy (posunová rychlost, rychloposuv) v jednotlivých souřadných osách
- řezné podmínky (otáčky, posuv)

- výběr nástroje a jeho korekce
- výběr technologické palety s upnutým polotovarem
- mezioperační měření obrobku
- provoz příslušenství, upnutí a čistění obrobků
- pomocné technologické funkce (mazání nástroje, chlazení nástroje, chlazení stroje)

Konstrukční i technologické řešení výrobku má rozhodující význam v konkurenčním prostředí, a proto i ochrana technických myšlenek jsou předmětem výrobního tajemství a nutnosti provádění ochranných práv.

Programování CNC stroje se provádí:

- přímo v PC stroje /je zdlouhavé, velký ztrátový čas stroje/
- nepřímo překopírováním programu z PC do CNC systému
- kabelovým přenos dat Intranetovou a Internetovou sítí
- bezdrátovým přenosem dat

3.7 ŘÍZENÍ VÝROBY /MRP/

Hlavním vstupním produktem MRP systému je kusovník výrobku, který byl vytvořen v průběhu projektové činnosti. Transformace kusovníku z CAD systému a jeho vygenerování do různých technických úrovní umožňuje provádět tyto řídící operace:

- materiálový tok od přípravy polotovaru až po hotovou součást
- nákup a evidenci normalizovaných součástí včetně materiálu pro výrobu
- kooperační činnost
- plánování výrobního procesu do jednotlivých středisek
- zásah do výrobního procesu (navýšení a snížení výrobní dávky, zastavení výroby, provádět výrobu dle priorit zákazníka)
- evidenci skladového hospodářství, aktualizace skladového množství
- rozbory, kalkulace a vyhodnocení výrobních a materiálových nákladů výrobku

- mzdové náklady

Pro tento účel jsou nejvhodnější řídicí systémy SAP, Cimapps, Sme Up apod.

3.8 ŘÍZENÍ KVALITY /CAQ/

Integrovaný počítačový systém podpory řízení jakosti CAQ je tvořen řadou modulů, programů a podprogramů umožňující provádět:

- metrologická měření rozměru součásti, vyhodnocení geometrických úchylek tvaru a polohy a pod.

- vyhodnocení metrologických postupů, provádět jejich změny

Management jakosti se opírá o mezinárodní normu CSN EN ISO 9001.

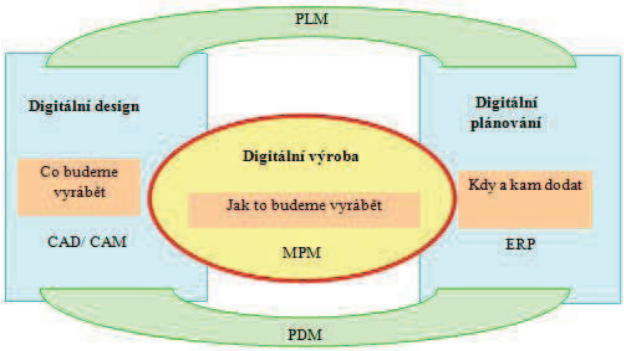
Nedílnou součástí je tvorba programu pro měřicí stroje. Pro tento účel jsou rovněž použity parametrické modely vytvořené v průběhu projektové činnosti konstruktéra.

3.9 DIGITÁLNÍ TOVÁRNY /DF/

Průmyslové automatizační systémy, informační a komunikační technologie jsou oblastí, které v dnešní době procházejí velmi dynamickým vývojem. Digitalizace tak postupně nachází stále širší uplatnění nejen v běžném životě, hlavně pak v průmyslové sféře.

Konstrukční systémy (CAD), technologické systémy (CAM) včetně tvorby programů CNC strojů, plánovací a řídicí systémy (MRP) již plně získaly stabilní místo v procesu předvýrobního a výrobního procesu. V plném rozsahu dokázaly svoji kvalitu, spolehlivost a racionalitu.

V současné době proniká digitalizace stále hlouběji do dalších provozů firmy a to oblasti projektování a plánování výrobní základny (Obr 12). Je to místo, kde dochází ke střetu velkého množství informací pocházející z procesu realizace zakázky, konstrukčně- technologické přípravy, vlastního výrobního toku, kooperací, logistiky, servisu apod.



Obr.12 Digitální výroba

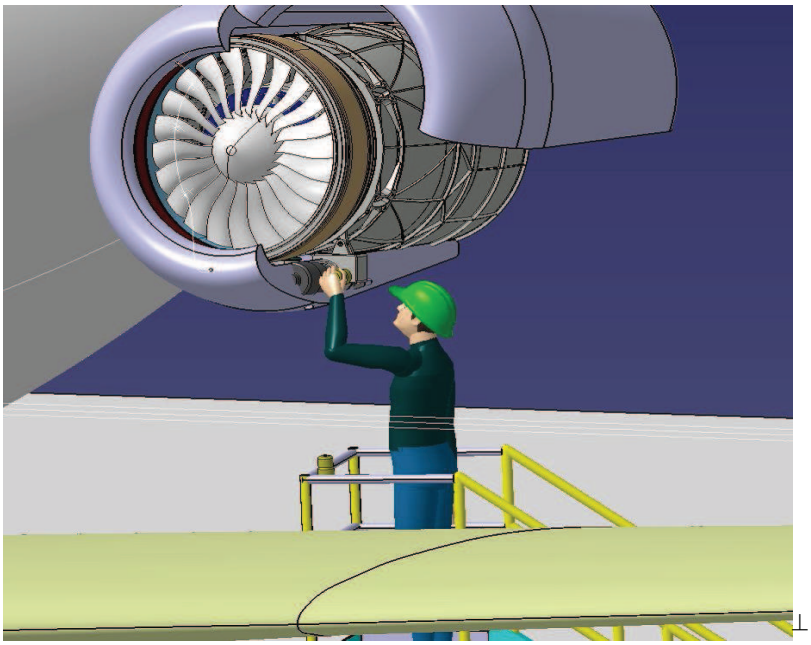
Informační tok je ztížen ve firmách, které jsou propojeny v rámci globalizace, pronikání mezinárodního kapitálu a fúzí /Wikipedie.com/.

Na základě požadavku trhu, inovačního procesu, vývoje nových výrobků dochází k neustálým změnám zásadně ovlivňující výrobní proces. V této souvislosti je nutné tento proces operativně korigovat a optimalizovat. Aby bylo možné provádět takové změny plánu ve výrobním toku, je nutné připojení všech středisek firmy do jednotného systému řízení.

Budování kvalitní informační sítě takového rozsahu je pro zřizovatele je rozsáhlou investicí. Firmy, které jsou již komplexně vybaveny takovými systémy jsou označovány jako Digitální továrny (DF).

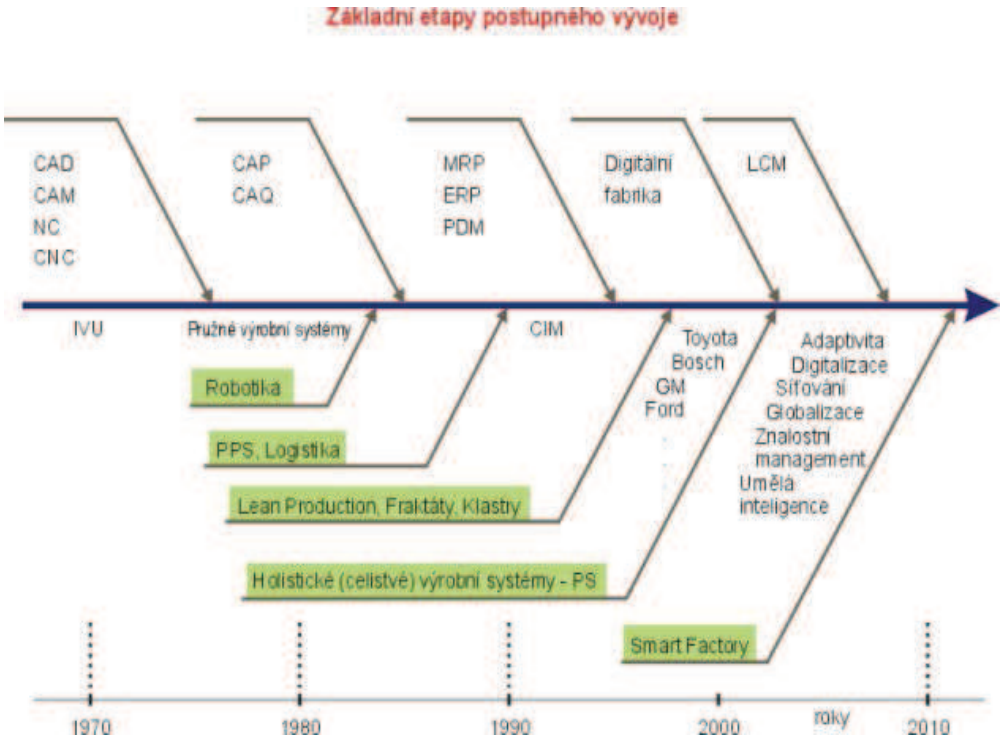
Digitální továrna je tedy plně digitalizovaný systém umožňující provádět všechny činnosti spojené s vývojem výrobku, jeho plánování a výrobu. Zahrnuje rovněž systémy umožňující ve virtuální podobě provádět simulaci a optimalizaci všech procesů.

Realizace digitální továrny nacházejí stále větší uplatnění v oblasti sériové výroby, hlavně v automobilovém, leteckém, lodním a spotřebním průmyslu.



Obr. 13 Virtuální montáž motoru letadla

Základní etapy vývoje firem k digitální továrně je znázorněn v Obr.14.



Obr.14 Základní etapy vývoje digitalizace

Digitální továrna (Digital Factory - DF) je virtuálním obrazem reálné výroby, který zobrazuje výrobní procesy ve virtuálním prostředí. Digitální továrna slouží především

k plánování, simulaci a optimalizaci výroby složitých výrobků. Systémy DF nacházejí uplatnění zejména v automobilovém, leteckém, lodním a strojírenském průmyslu a ve výrobě spotřebního zboží /Wikipedie.com/.

Systémy DF představují další, logický krok v postupném vytváření specializovaných nástrojů pro podporu procesů v celém životním cyklu výrobků. Již během fáze plánování mohou být ověřeny všechny části výrobního systému takovým způsobem, že následná reálná výroba produktu pak bude zajištěna z hlediska kvality, času a nákladů. Kumulativní náklady na provedení jakékoliv změny výrazně rostou s tím, jak se přibližuje termín zahájení výroby (Start of Production - SOP). Přitom ověření vyrobitelnosti při klasickém plánování je možné až když existují fyzické prototypy výrobků a výrobních zařízení.

Díky možnosti přesunout ověřování vyrobitelnosti do ranějších fází plánování, jsou náklady na provedení změn při využívání systémů DF výrazně nižší. Systémy DF dále vytvářejí podstatně lepší podmínky pro týmovou spolupráci v etapě plánování výroby a umožňují rychlou zpětnou vazbu mezi konstruktéry a plánovači.

V současné době komplexní digitalizace provedena ve velkých firmám charakteru automobilové sériové výroby. Zvýšené náklady na budování informační sítě se důvodů racionalizace a zkvalitnění výroby velmi rychle vrací.

Značný rozsah digitalizace ve firmě, konstrukční práce v trojrozměrném prostoru umožňuje rovněž přechod k bezvýkresové výrobě.

Pokud průmysl v naší republice má držet krok se světem, je nutné aby tomuto trendu byla přizpůsobena i výuka na našich školách.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4. POROVNÁNÍ STARÉ A NOVÉ MOTODY VÝUKY KONSTRUKČNÍCH PŘEDMĚTŮ

4.1 AKTUÁLNÍ PRŮBĚH VÝUKY KONSTRUKČNÍHO CVIČENÍ

Studium střední průmyslové školy strojnického směru je určeno pro přípravu středně odborných kádrů, jakou jsou konstruktér, technolog, mistr, ekonom, operátor výroby apod. Rovněž je určeno pro vykonávání kvalifikovaných dělnických profesí, které souvi-

sí s využitím výpočetní techniky a to operátoři CNC strojů, pracovníci kontrolních středisek apod.

Jelikož absolventi těchto škol při nástupu do zaměstnání se budou opírat hlavně o zkušenosti získaných v praktických předmětech, je proto výuka těchto předmětů klíčového charakteru.

V současné době probíhá praktická výuka konstruování v předmětu Konstrukční cvičení. Tento předmět je zařazen v rozsahu dvou hodin týdně ve druhém, třetím a čtvrtém ročníku. Výuka ve druhém ročníku probíhá v rámci celé třídy, ve třetím a čtvrtém ročníku je třída rozdělena.

Dle získaných informací jsou v současné době praktická projektová cvičení ve středních průmyslových školách v České republice téměř shodná. Dle ŠVP škol jsou zařazeny tyto projekty:

2. ročník: Šroubový spoj víka s přírubou tlakového válce

Spoj hřídele s nábojem a výměnným perem

Svarový spoj

Uložení hřídele v ložiscích

3. ročník: Pojistná hřídelová spojka

Převod klínovým řemenem

Převod čelními koly se šikmými zuby (jednostupňová převodovka)

4. ročník: Hydraulický mechanismus

Šroubový zvedák

Zvedací zařízení

Zvolená projektová témata jsou správně zvolena, protože se opírají o témata, která jsou probírána v předmětu Stavba strojů. Nedostatkem je, že výuka všech projektů má shodný scénář, jak je uvedeno v Prekonceptu vyučovací hodiny 2009 /viz příloha 1).

4.2 PREKONCEPT VYUČOVCÍ HODINY 2009 /viz příloha 1/

Prekoncept zahrnuje tyto části:

1/ zadání úlohy

2/ úvod, použití,

3/ návrh řešení

4/ pevnostní výpočet namáhaných částí

5/ tvorba výpočtové zprávy ve formátu školy

6/ řešení uzlu ve 2D včetně vytvoření výkresu sestavy /CAD/

7/ kusovníku

8/ výrobní výkres 1-3 součástí /CAD/.

Prekoncept vyučovací hodiny 2009 je zpracován jako odborná příprava pro výuku projektové činnosti Hydraulického mechanismus a to v rozsahu 14 jednotkových hodin.

Informace o hydraulických systémech, jejich použití, výhodách žáci získali v průběhu výuky Hydraulických mechanismů v závěru 3. ročníku.

S ohledem na zařazení výuky hydraulických mechanismů mezi maturitní otázky jsem provedl nejdříve urychlené opakování. Cílem bylo oživení informací o hydraulických mechanismech a využití čerstvých informací do realizace projektu.

Všeobecně je známo, že hydraulické mechanismy, jak jsou pojaty v projektu, jsou zařízení, která jsou předmětem typizovaného unifikované výroby renovovaných firem. Žáci v průběhu řešení projektu vytýkali jeho zastaralost a zbytečnost. Tuto skutečnost jsem viděl jako velký nedostatek.

Osobně jsem absolventem SPŠ strojnické a tento projekt byl před několika desítkami roků rovněž předmětem školské práce. Za tu dobu došlo ke změně pouze z pohledu kreslení, kdy klasická rýsovací deska, rýsovací prostředky, pausovací papír, byly nahrazeny počítačovou grafikou.

Z důvodů individuálního přístupu k řešení projektu mohou být zadávány parametry s rozdílnými hodnotami. V případě výuky ve druhém ročníku je použití rozdílných parametrů velmi obtížné, protože učitel musí v rámci celé třídy provádět individuální kontrolu projektu v plném rozsahu. V případě vyšších ročníků je individualita samozřejmostí.

4.3 NÁVRH VÝUKY KONSTRUKČNÍHO CVIČENÍ

Jelikož jsem pracoval dlouhodobě v Konstrukci obráběcích strojů a vstřikolisů fy. ZPS, Tajmac- ZPS Zlín a velmi dobře znám problematiku technického vývoje, snažil jsem se v průběhu mé pedagogické činnosti provést změnu ve výuce a své životní poznatky předat mladé generaci. V této souvislosti musím zdůraznit, že moje práce narážela na zaběhlý ŠVP a nepochopení jeho změny. Proto moje vize o změnách ve výuce a vytvoření motivačních prvků pro výuku žáků byla značně omezená.

V této souvislosti doporučuji:

1/ nejdříve provést změny ŠVP, které se promítnou do výuky několika předmětů a to:

1.1/ Technické kreslení – preferovat kreslení od ruky

technik by měl umět operativně své myšlenky nakreslit takovou formou, aby byla srozumitelná pro všechny spolupracovníky

1.2/ Konstrukční cvičení:

- třídy rozdělit již ve druhém ročníku
- snížit počet projektů
- spojit témata do jednoho projektu
- zadání projektu zvolit se záměrem prolínání do více předmětů /Stavba strojů a Technologie/

1.3/ Informační technologie- změnit výuku počítačové grafiky z 2D na 3D (parametrický modelový systém) a zařadit jeho výuku již do druhého ročníku. Kreslení ve 2D nemá v současné době již žádnou perspektivu . Tento software nemá žádnou vazbu na další podpůrné činnosti.

1.4/ Rovněž doporučuji zařadit ve třetím ročníku do výukového programu Základy výpočtu strojních součástí CAE vč. MKP

1.5/ Technologická cvičení - modely projektu KOC použít pro vytvoření technologické dokumentace včetně programu pro CNC stroj a jeho nástrojového vybavení. Programovací moduly soustružení a frézování doporučuji rozšířit o vrtací a závitovací operace.

2/ projekty čtvrtého ročníku doporučuji zařadit na úroveň seminárního rozsahu, kde budou provedeny konstrukčně- technologicko-ekonomické činnosti, aby si žáci uvědomili úzkou souvislost a vazby mezi jednotlivými obory.

Bakalářská práce se již opírá o navrhované změny.

4.4 PREKONCEPT VYUČOVACÍ HODINY 2011

V této souvislosti navrhuji provádět výuku předmětu dle nového Prekonceptu vyučovací hodiny 2010 /viz příloha 4). Plán práce je vytvořen pro 18 jednotkových hodin a zahrnuje kompletní zpracování projektu Přípravku pro radiální válcování závitů . Prekoncept předpokládá s maximálním nasazením žáků a s plněním domácích úkolů.

Nový návrh vyučovací hodiny obsahuje tyto části:

1/ úvod, použití

Žáci jsou seznámeni v obecné rovině s funkcí navrhovaného zařízení.

2/ myšlenková mapa projektu

Bude proveden komplexní rozbor technologie výroby závitů, volby jednotlivých typů výroby a vypracovány myšlenkové mapy.

3/ zadání úlohy, náčrtů řešení, hydraulické a kinematické schémata, informace o tvářecím nástroji

Budou zadány vstupní technické parametry, ostatní se budou průběžně doplňovat. Budou nakresleny základní kinematická a hydraulická schémata včetně návrhu tvářecích nástrojů. Rovněž se zopakují základy hydraulických obvodů a kinematických mechanismů, tváření.

4/ zadání návrhu řešení (nákresy včetně modelů kresleny výhradně od ruky)

Dle kinematického a hydraulického schématu jsou nakresleny návrhy jednotlivých modelů, které se postupně převedou počítačovou grafikou do virtuální podoby.

5/ individuální modifikace návrhu

Budou zadávány žákům i skupinám dílčí individuální úkoly.

Volba těsnicích prvků, zajištění kinematických prvků, dorazů apod., které se promítnou do tvaru modelu.

6/ tvorbu modelů ve 3D

Počítačovou grafikou budou dle vypracovaných vzorů nakresleny parametrické modely včetně volby barvy povrchu. Modely se postupně sestaví dle vazeb /osy, roviny/ do sestavy modelu přípravku /ASM/ . Rovněž budou prováděny řezy jednotlivých částí.

7/ výběr a tvorba modelů normalizovaných modelů

Bude provedeno vyhledávání a stahování CAD modelů normalizovaného charakteru v síti Internetu.

8/ matematický výpočet- pevnostní návrh, ekonomický návrh

Dle zadaných parametrů bude proveden numerický výpočet funkčních částí mechanismu.

9/ základní modifikace modelů

Dle výsledků kontrolního výpočtu se provede modifikace jednotlivých modelů včetně sestavy.

10/ kontrolní výpočet CAE

Bude provedena pevnostní kontrola mechanismu včetně rozložení napjatosti a deformací v mezních stavech soustavy /viz výkresy napjatosti a deformací/ při válcování závitů, tj. při dosažení malého průměru závitu šroubu.

11/ modifikace projektu dle výsledku výpočtu

Bude provedena další modifikace modelů včetně modelu sestavy.

12/ tvorba výpočtové zprávy

Bude provedena výpočtová zpráva obsahující:

- ekonomické vyhodnocení projektu
- pevnostní výpočet součástí s kritickým namáháním

13/ vytvoření výkresu sestavy 2D včetně kusovníku

14/ vytvoření výkresové dokumentace výrobního charakteru ve 2D

Z modelu jsou vytvořeny výrobní výkresy /výrobní výkres 1-3 součástí /kombinace rotační a nerotační součást/

15/ ekonomické vyhodnocení dodavatelů

Budou podány informace o možnosti dalšího snižování výrobních nákladů v rámci výběru dodavatelů /kooperací, normalizovaných součástí, materiálu/.

16/ výběr nerotační součásti /1 součást/ pro zpracování CNC programu

Zpracování technologie výroby:

- způsob upnutí obrobku
- zpracování CNC programu
- nástrojové vybavení

ZÁVĚR

V praktické části jsem provedl činnosti, které by měla současná výuka konstrukčních předmětů obsahovat:

- zaměření projektu na konstrukci, technologii a ekonomii
- zaměření na optimalizaci vlastností a nákladů na výrobu produktu
- komplexní řešení projektu zaměřeného na aplikace CAD/CAE/CAM systémů
- využití nových digitálních výukových zdrojů s požadavkem na parametrické projektování (modelový systém)
- používání k práci on-line informace z Internetu
- prohloubení individuálního přístupu k žákovi při řešení projektu v běžných hodinách
- řešení projektu na bázi týmové práce
- kreslení od ruky

Pokud české odborné školství má pro technickou praxi vychovat skutečné profesionály, musí se držet světového vývoje a to je komplexní digitalizace všech úrovní.

V této souvislosti je nutné provést změnu v Školském vzdělávacím plánu školy a změnit urychleně výuku.

Bez ohledu na stávající úroveň ŠVP, didaktické vybavení škol a učeben, profesionální přístup učitele k výuce, ale i vlastní odpovědnost samotných žáků vyvstává otázka, jak se mladí absolventi průmyslových škol v současné době uplatní na trhu práce.

Dle mého názoru právě mladí absolventi jsou nejvíce postiženou kategorií pracovníků. Je tomu tak proto, že jim chybí praxe a pracovní zkušenosti.

Je všeobecně známo, že studijní obory, které mají charakter služeb, se neobejdou bez dostatečné praxe. Dlouhodobě se učí obsluhovat zákazníka, měnit prostředí, vytvářet pracovní situace, reagovat na ně apod.

Takový přístup chybí technickým školám. Školní dílny a laboratoře v žádném případě nenahradí skutečné pracoviště. Školy sice spolupracují s firmami, se svými strategickými partnery, avšak tato činnost je velmi povrchní.

Velmi vhodné by bylo, kdyby školy řešily dílčí úkoly zadávané firmami a mohly se výsledky školní práce porovnat s praktickými výsledky profesionálních pracovníků.

Přirozená vyšší zmetkovitost, vyšší spotřeba materiálu, nástrojů, energie a snížená využitelnost strojů přináší firmám navýšení nákladů v rámci spolupráce se školami. Zákony a nastavený daňový systém státu v tomto směru zainteresované firmy nezvýhodňuje, a proto firmy nemotivuje. Tato nevyváženost je dnes všeobecně známa. Jelikož absolventi škol se se svými praktickými znalostmi stanou plnohodnotnými pracovníky až v průběhu 5 let, mladí lidí ve strojírenství nezůstávají. Proto si také vybírají atraktivnější vzdělávací obory, které jsou po maturitě finančně zajímavější.

Stále také platí, že kvalita učitelů ani vybavení škol nikdy nedosáhnou technické úrovně firem. Je však nutné, aby v tomto směru školy udržovaly minimální odstup, což se mi v současné době takto nejeví.

Pokud nedojde k zásadním změnám v legislativě a přístupu k výuce ve školách, nelze počítat se zásadními změnami kvality absolventů a jejich připraveností pro další profesní a osobní život.

Ing. Vratislav Slomek

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

[1] Lukovics, Sýkorová, Volek- Části a mechanismy strojů /FT Zlín 2000/
[2] Kropáč –Didaktika technických předmětů /UP Olomouc 2004/
[3] Shigley- Konstruování strojních součástí /Vatium Brno 2010/
[4] Řasa, Gabriel- Strojírenská technologie 3/1 / Metody, stroje a nástroje pro obrábění
[5] Řasa/Vaněk Strojírenská technologie 4 - Návrhy nástrojů, přípravků a měřidel, zásady montáže
[6] Magazín MM - Technický měsíčník Praha
[7] Brdička- Role Internetu ve vzdělávání /Kladno, Aisis, 2003/
[8] Roubal- Informatika a výpočetní technika pro SŠ /Brno, Computer Press. 2000/
[9] Kolektiv autorů-Manuál pro tvorbu školních vzdělávacích programů /Praha, VUP,07/
[10] Kříž - Strojírenská konstrukce /Praha, 1997/
[11] Wikipedie,com/cz - otevřená encyklopedie

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

KOC KONSTRUKČNÍ CVIČENÍ
PC PERSONAL COMPUTER
CAD COMPUTER AIDED DESIGN
CAE COMPUTER AIDED ENGINEERING
CAM COMPUTER AIDED MANUFACTURING
CAQ COMPUTER AIDED QUALITY
CAP COMPUTER AIDED PLANIG
PROE PROEENGINEER
NC NUMERIC CONTROL
CNC COMPUTER NUMERIC CONTROL
DF DIGITAL FACTORY
SOP START OF PRODUCTION
ŠVP ŠKOLSKÝ VZDĚLÁVACÍ PROGRAM
MKP METODA KONEČNÝCH PRVKŮ
MRP MATERIAL REQUUIREMENT PLANNING
ASM ASSEMBLY
2D 2 DIMENSION /AREA/
3D 3 DIMENSION /SPACE/

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1 Schéma parního stroje /www.Wikipedie/
Obr.2 Asynchronní motor /www.Katalog Siemens/
Obr.3 Leonardo da Vinci-Létající stroj /www.Wikipedie/
Obr.4 Technický výkres šlapacího soustruhu /www.Wikipedie/
Obr.5 Konstrukční pracoviště 19.století /Kříž-Strojírenská konstrukce/
Obr. 6 Konstrukční pracoviště v letech 1970-1985 /Kříž-Strojírenská konstrukce/
Obr.7 Konstrukční pracoviště v letech 1997-2000 /Kříž-Strojírenská konstrukce/
Obr. 9 Model motoru automobilu /www. AVEngineering/
Obr.10 Myšlenkový proces konstruování /Kříž-Strojírenská konstrukce/
Obr.11 Vývoj řezných rychlostí /Doc. Mrkvica Trendy obrábění, seminář/
Obr.12 Digitální výroba /Magazín MM centrum 2010/
Obr.13 Virtuální montáž motoru letadla /Magazín MM centrum 2010/
Obr.14 Základní etapy vývoje digitalizace (Magazín MM centrum 2010)

SEZNAM PŘÍLOH

1. Příloha1 koc401a1Prekoncept vyučovací hodiny 2009
2. Příloha1 koc401a Zadání projektu 2009
3. Příloha1 koc401a Sestava KOC401 2009
4. Příloha1 koc401a Prekoncept vyučovací hodiny 2011
5. Příloha1 koc401as1 Zadání projektu 2011
6. Příloha1 koc401as1 Výkres redukce KOC401A200D1
7. Příloha1 koc401as1 Myšlenková mapa výroby závitů
8. Příloha1 koc401as1 Myšlenková mapa válcování závitů
9. Příloha1 koc401as1 Předpis pro výrobu KOC401A200D1-soustružení závitu
10. Příloha1 koc401as1 Předpis pro výrobu KOC401A200D1-válcování závitu
11. Příloha1 koc401as1 Kinematické schéma přípravku KOC401AS1A1
12. Příloha1 koc401as1 Hydraulické schéma přípravku KOC401AS1A1
13. Příloha1 koc401as1 Model KOC 401A2E1-Náčrt
14. Příloha1 koc401as1 Model KOC 401A4B1-Náčrt
15. Příloha1 koc401as1 Model KOC 401A5C1-Náčrt
16. Příloha1 koc401as1 Model KOC 401A2E1
17. Příloha1 koc401as1 Model KOC 401A4B1
18. Příloha1 koc401as1 Model KOC 401A5C1
19. Příloha1 koc401as1 Model KOC401AS1A1
20. Příloha1 koc401as1 Výkres sestavy KOC401AS1A Díl 1
21. Příloha1 koc401as1 Výkres sestavy KOC401AS1A1 Díl2
22. Příloha1 koc401as1 Výkres válce KOC401A4B1
23. Příloha1 koc401as1 Vyhodnocení deformací a napjatosti KOC401ASA1 /CAE/
24. Příloha1 koc401as1 Model KOC 401A4B1 pro obrábění/CAM/
25. Příloha1 koc401as1 Program pro obrábění válce KOC401A4B1 /CAM/

Ing. Vratislav Slomek

PREKONCEPT VYUČOVACÍ HODINY

Základní charakteristiky uvažovaného vyučování

Škola – výchovné zařízení: SPŠ STROJNICKÁ VSETÍN			**Třída: 4.ročník**
Školní rok: 2009/10	**Předmět: KOC**	**Vyuč. hodina: 2**	**Typ hodiny: SMÍŠENÝ**
Den: dle třídy	**Měsíc: LISTOPAD**	**Rok: 2009**	**Poznámky: učebna č.507**

Používané učebnice a materiály: Stavba a provoz strojů / Kříž a kolektiv, r.vydání 1978
PC síť, hydraulické mechanismy – vlastní presentace ve formátu Powerpoint
předváděcí vzorky hydraulických komponentů,
popisová tabule vč. Fix tužek

Cíle vzdělávací: Cílem bude výuka činností v průběhu řešení projektu hydraulického mechanismu. Úvodem budou zopakovány základy hydromechaniky, hydraulické prvky, stavba hydraulických obvodů, použití , výhody, jejich dimenzování, jejich konstruování, kreslení schemat hydraulických obvodů, problematika výroby součástí pro hydraulické obvody.

Cíle výchovné: Cílem bude získání všeobecných znalostí o hydraulických mechanismech, porozumět jejich funkci, principům. Jako budoucí technici získají základní technické informace z oblasti hydraulických systémů. Rozšíří si tak znalosti z oblasti hydraulických mechanismů jako zdroje převodů, přenosu rotačního a přímočarého a kývavého pohybu , osvojí si zásady při jejich použití, konstruování, výroby, kontroly. Získané základní informací žáci uplatní v průběhu dalšího studia nebo v průběhu pracovního procesu.

Technika výuky: Výuka bude orientována na práci jednotlivce. Výuka bude vedena interaktivním přístupem učitel - žák, žák- počítač.

Klíčové pojmy: Zákony hydrauliky, hydraulické mechanismy**,** rotační, přímočarý, kývavý pohyb**,** hydromotor, hydraulický agregát, čerpadlo, elektromotor, hydraulické prvky, hydraulický obvod, schéma obvodu , hydraulické médium, těsnící elementy, ekologie

Výstupní znalosti: Rozlišit jednotlivé typy hydraulických mechanizmů, vlastními slovy je popsat, nakreslit, definovat jejich výhody, nevýhody a použití

Prolog (Úvod)	V úvodu krátce popsat význam hydraulických mechanismů a jejich místo ve strojírenství
Hodnocení znalostí	Prověrka znalostí žáka z oblasti hydraulické mechanismů probíraných v předmětu Stavba strojů v závěru 3. ročníku, komplexní hodnocení práce a aktivity v hodině KOC, průběžná kontrola domácích úkolů z projektové činnosti, konečné vyhodnocení projektu
Motivace (Stimulace)	Technický směr použití hydraulických systémů v praxi (automobily, obráběcí stroje, zpracování odpadů apod.). Novinky v oblasti vývoje hydraulických systémů, náhrada použitím pneumatických mechanismů
Výukové metody	Slovní, demonstrační, situační metody, samostatná práce žáků na zadaných úlohách, samostatná práce s internetem
Forma výuky	přímá výuka v počítačových učebnách, projektové vyučování
Procvičení, opakování	Bude prováděno průběžně v průběhu každé dvojhodinové výuky
Praktické aplikace	Hydraulické mechanismy jako zdroj síly, převodů na přímočarý, rotační a kývavý pohyb v náhonových jednotkách strojů a zařízení, dopravních a manipulačních prostředcích apod.
Komparace	V závěru bude provedena diskuzi na téma, kde se žáci setkali s hydraulickými mechanismy, zda pochopili jejich význam a funkci

Obsah výuky:

1.-2. HODINA

1.1 Úvod, zahájení hodiny, organizační záležitosti. /**3min./**

1.2 Spuštění PC sítě a instalace programu pro výuku hydraulických mechanismů /**2min.**/

1.3 Opakování: /**40min.**/

téma otázek:

- základní zákony hydrauliky
- základy hydrodynamiky /hustota, viskozita, stlačitelnost, tlak, teplota/
- matematické vztahy /Pascalův zákon, hydrostatický tlak, statický tlak, Bernouliho rovnice, silové účinky proudění kapaliny, ztráty/
- funkční schéma hydrostatického mechanismu, definice vstupního a výstupního členu, prvky pro řízení tlaku, průtoku, nákresy, schematické značky, ukázky depozitáře, vlastní výukový program v Powerpointu
- hydraulické mechanizmy, definice přenosu energie
- rozdělení /hydrostatické, hydrodynamické/
- použití v praxi, typy, nákresy
- výhody, nevýhody
- technické normy, informace o veličinách a jejich vyhledávání v ČSN, ČSN EN ISO normách

1.4 úvod, zadání úlohy, nákres mechanismu, hydraulické schéma , kinematické schema stroje s použitým hydraulickým mechanismem **/ 35 min./**

1.5 Zadání domácího úkolu / návrh hydraulického mechanismu/ **/3min./**

1.6 Opakování , zodpovězení dotazů **/6min./**

1.7. Závěr **/1min./**

3.-4. HODINA

3.1 Zahájení hodiny, organizační záležitosti. /**3min./**

3.2 Spuštění PC sítě a instalace programu pro výuku hydraulických mechanismů /**2min.**/

3.3 Opakování, kontrola domácího úkolu /kontrola nákresu projektu/ - zodpovězení dotazů **/20min./**

3.4 Alternativní použití hydraulického mechanismu v technické praxi **/10min./,**

3.5 Řešení mechanismu v Powerpointu **/20min./**

3.6 Individuální modifikace návrhu **/25min./**

3.7 Zadání domácího úkolu /návrhy modifikace **/3min./**

3.8 Opakování **/6min./**

3.9 Závěr **/1min./**

5.-6. HODINA

5.1 Zahájení hodiny, organizační záležitosti. /**3min/**

5.2 Spuštění PC sítě a instalace programu pro výuku hydraulických mechanismů /**2min.**/

5.3 Opakování, kontrola domácího úkolu /schéma hydraulického obvodu, kontrola nákresů modelů, nákresy projektu - zodpovězení dotazů **/20min./**

5.4 Informace o úplnosti technické dokumentace projektu: **/10min./**

- elektronická verze - výpočtová zpráva
  - výkresová sestava včetně kusovníku
  - výrobní výkresy

- tisková verze - výpočtová zpráva
  - výkresová sestava včetně kusovníku
  - výrobní výkresy

Informace o termínech odevzdání, adresářích pro uložení dat projektu

5.5 Práce na projektu ve 2D /samostatná práce žáka , konzultace **/45min./**

5.6 Zadání domácího úkolu / návrh schematu hydraulického obvodu, opakování výpočtu šroubů-aplikace pro hydraulický mechanismus / **3 min./**

5.7 Opakování **/6 min./**

5.8 Závěr **/1 min./**

7.-8. HODINA

7.1 Zahájení hodiny, organizační záležitosti **/3min/**

7.2 Spuštění PC sítě a instalace programu pro výuku hydraulických mechanismů /**2min.**/

7.3 Opakování, kontrola domácího úkolu / kontrola výpočtu šroubů, schéma hydraulického obvodu, nákresy projektu/ **/20min./**

7.4 Práce na projektu ve 2D /samostatná práce žáka , konzultace / **/55min./**

7.5 Zadání domácího úkolu /návrhy na změny upevnění hydraulického válce / **/3min./**

7.6 Opakování, zodpovězení dotazů **/6min./**

7.7 Závěr **/1min./**

9.-10. HODINA

9.1 Zahájení hodiny, organizační záležitosti. /**3min./**

9.2 Spuštění PC sítě a instalace programu pro výuku hydraulických mechanismů /**2min.**/

9.3 Opakování, kontrola domácího úkolu / kontrola návrhů na změny upevnění hydraulického válce - zodpovězení dotazů **/20min./**

9.5 Matematický výpočet- návrh **/55 min./**
Výpočet, nákresy prováděny na tabuli za účasti žáků skupiny

9.6 Zadání domácího úkolu /komplexní numerický výpočet/ **/3min./**

9.7 Opakování, zodpovězení dotazů **/6min./**

9.8 Závěr **/1min./**

11.-12. HODINA

11.1 Zahájení hodiny, organizační záležitosti. /**3min./**

11.2 Spuštění PC sítě a instalace programu pro výuku hydraulických mechanismů /**2min.**/

11.3 Opakování, kontrola domácího úkolu / kontrola numerického výpočtu projektu, zodpovězení dotazů **/20min./**

11.4 Zhotovení výkresové sestavy vč. kusovníku /samostatná práce žáka , konzultace **/55 min./**

11.5 Zadání domácího úkolu /dokončení kusovníku/ **/3 min./**

11.6 Opakování, zodpovězení dotazů **/6 min./**

11.7 Závěr **/1 min./**

13.-14. HODINA

13.1 Zahájení hodiny, organizační záležitosti **/3min./**

13.2 Spuštění PC sítě a instalace programu pro výuku hydraulických mechanismů /**2min.**/

13.3 Individuální kontrola a konzultace projektu, zodpovězení dotazů **/75min./**

13.4 Zadání domácího úkolu /modifikace projektu/ **/3min./**

13.5 Opakování, zodpovězení dotazů **/6min./**

13.6 Závěr **/1min./**

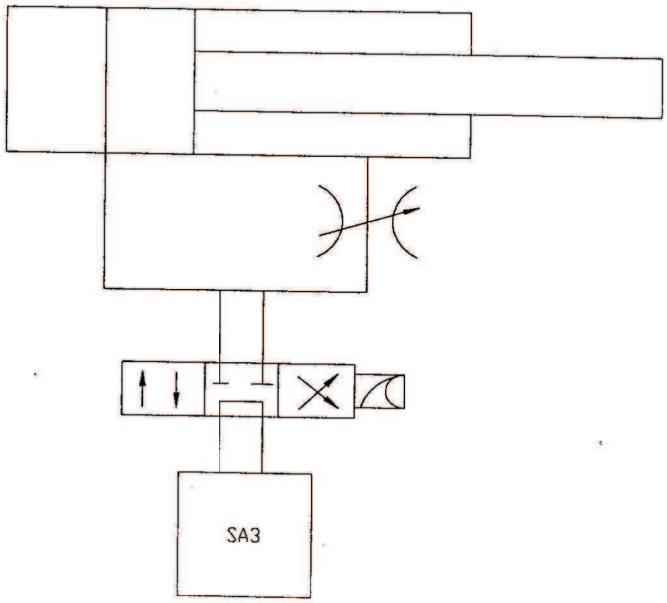
Ing. Vratislav Slomek

Střední průmyslová škola strojnická Vsetín	Téma: **HYDRAULICKÝ MECHANISMUS**	Zpráva číslo: **KOC - 401**
		Poč. listů: 6
		Hodnocení: 1

ZADÁNÍ:

Navrhněte hydraulický mechanismus pro upínání obrobků pomocí přímočarého hydromotoru. Upínací síla na pístní tyči hydromotoru je F = 5 500N, pracovní zdvih pístu hydromotoru je l = 160mm, zdrojem tlakové kapaliny je agregát SA3. upevnění hydromotoru je otočné na čepu. Pístní tyč má závitové ukončení, pracovní pohyb pístu trvá 0,5s.

SCHÉMA:



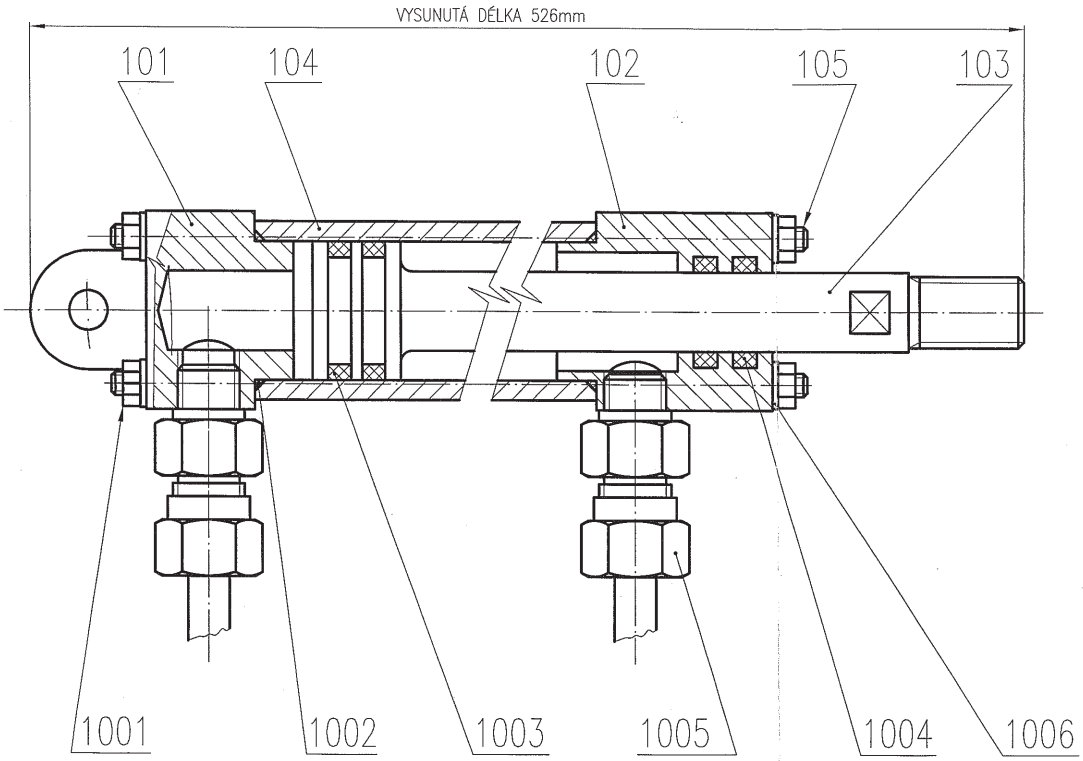
PROVEĎTE:

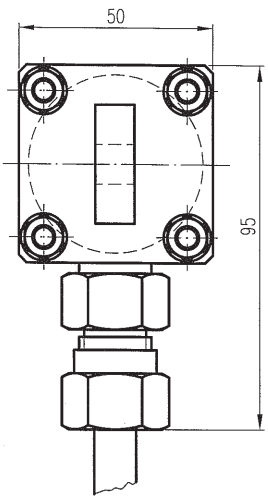
1)Technickou zprávu
2)Výkreovou dokumentaci, jež bude obsahovat:
- výkres sestavy hydromotoru
- výrobní výkres pístu

PODKLADY A DOPORUČENÁ LITERATURA:

1)Učebnice KOC – hydraulický mechanismus
2)Strojnické tabulky
3)Firemní literatura

Vypracoval:	Třída:	Poř. číslo:	Datum:	List/Listů:	Číslo programu: KOC - 401





			d)		PŘESNOST ISO 2768-mK	Materiál	
			c)		TOLEROVÁNÍ ISO 8015	Polotovar	
			b)		PROMÍTÁNÍ	Hmotnost	kg
			a)		STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA STROJNICKÁ VSETÍN		Třída 4.C
Změna		Datum	Index	Podpis			
Měřítko 1:1	Poznámka	Navrhl			Název HYDROMOTOR		
		Kreslil					
		Přezkoušel					
Č.seznamu		Technolog			Typ 001		
Č.sestavy		Normalizace			Čís.výkresu KOC 401.100		
Starý výkr.		Schválil					
Nový výkr.		Datum	10.10.2006				List 1/2

Ing. Vratislav Slomek

PREKONCEPT VYUČOVACÍ HODINY

Základní charakteristiky uvažovaného vyučování

Škola – výchovné zařízení: SPŠ STROJNICKÁ VSETÍN			**Třída: 4.ročník**
Školní rok: 2010/2011	**Předmět: KOC**	**Vyuč. hodina: 2**	**Typ hodiny: SMÍŠENÝ**
Den: dle třídy	**Měsíc: LISTOPAD**	**Rok: 2011**	**Poznámky: učebna č.507**

Používané učebnice a materiály: Stavba a provoz strojů / Kříž a kolektiv, r.vydání 1978
PC síť, hydraulické mechanismy – vlastní presentace ve formátu Powerpoint
Strojírenská technologie 3/1 / Řasa, Gabriel
předváděcí vzorky hydraulických komponentů, kinematických mechanismů, nástrojů pro výrobu závitů, popisová tabule vč. Fix tužek

Cíle vzdělávací: Cílem bude výuka činností v průběhu řešení projektu přípravkového zařízení pro radiální válcování závitů u rotační součásti. Projekt je zaměřen na ekonomické vyhodnocení výroby vnějšího závitu u součásti redukce KOC401A200D1 na soustruhu AN40A, konstrukčně- technologické řešení přípravku včetně nástroje. Projekt bude proveden CAD, CAE, CAM systémy.Úvodem budou zopakovány kinematické, hydraulické mechanismy, jejich použití, dimenzování jednotlivých částí, technologie výroby závitů ekonomické vyhodnocení obou výrobních procesů

Cíle výchovné: Cílem bude získání všeobecných znalostí řešení reálného projektu, který je prováděn za účelem zvýšení produktivity a efektivity technologie výroby součástí. Projekt je veden cestou porozumění základních pilířů konstrukční práce a to záměr-vývoj- vyhodnocení- výroba-použití.
Cílem je využít získané technické informace pro vlastní tvůrčí práci.
Smyslem projektu je komplexní realizace skutečného úkolu, s jehož principy a poznatky se člověk setkává v běžném životě.

Technika výuky: Výuka bude orientována na práci jednotlivce a práci v týmu. Výuka bude vedena interaktivním přístupem učitel - žák, žák –žák, žák- počítač.

Klíčové pojmy: Zákony hydrauliky, klikové a hydraulické mechanismy**,** rotační, přímočarý kývavý pohyb**,** hydraulické a těsnicí prvky, hydraulické a kinematické schéma, technologie obrábění a tváření, vyhodnocení nákladů

Výstupní znalosti: Rozlišit jednotlivé typy technologií, mechanizmů, vlastními slovy je popsat, nakreslit, definovat jejich výhody a nevýhody, jejich použití

Prolog (Úvod)	V úvodu krátce popsat význam racionalizace a efektivity, nalézt její význam ve strojírenství
Hodnocení znalostí	Prověrka znalostí žáka z oblasti technologie obrábění a tváření, význam mechanismů v technické praxi probíraných v předmětech Strojírenská technologie a Stavba a provoz strojů v závěru 3. ročníku. Předmětem bude komplexní hodnocení práce a aktivity v hodině KOC, průběžná kontrola domácích úkolů, projektové činnosti ve škole, konečné vyhodnocení projektu.
Motivace (Stimulace)	Podílet se na projektu, rozhodovat o použité variantě, prosazovat vlastní řešení v průběhu realizace reálného technického zařízení. Žák v rámci týmu spolurozhoduje o kvalitě budoucího výrobku, která je sestrojeno se záměrem minimálních výrobních nákladů. Žák k sestrojení tohoto zařízení využívá svoje kreativní schopnosti a znalostí z oblasti techniky. Podobné zařízení může být různě použito v praxi u automobilů , obráběcích strojů, zařízení k zpracování odpadů apod.
Výukové metody	Slovní, demonstrační, situační metody, samostatná práce žáků na zadaných úlohách, samostatná práce s Internetem
Forma výuky	Přímá výuka v počítačových učebnách, projektové vyučování
Procvičení, opakování	Bude prováděno průběžně v průběhu každé dvojhodinové jednotkové výuky
Praktické aplikace	Hydraulické mechanismy jako zdroj síly, převodů na přímočarý, rotační a kývavý pohyb v náhonových jednotkách strojů a zařízení, dopravních a manipulačních prostředcích apod. Vyhodnocování efektivity konstrukčního procesu je obraz současného života ve společnosti.
Komparace	V závěru povedu diskuzi na téma efektivita a racionalizace v životě, praktické uplatnění poznatků z projektové činnosti, vědy a techniky v každodenním životě.

Obsah výuky:

1.-2. HODINA

1.1 Úvod, zahájení hodiny, organizační záležitosti. /**3min./**

1.2 Spuštění PC a instalace programu Powerpoint pro výuku technologie výroby závitů a základy hydraulických mechanismů /**2min.**/

1.3 Opakování:
informace o výrobě vnějších závitů, výhody a nevýhody technologie obrábění a válcování , vyhodnocení jejich efektivity pro použití **/20 min./**

1.4 úvod, zadání úlohy, rozbor kinematického schematu přípravkového zařízení pro válcování závitů v průběhu soustružení - kreslení od ruky **/ 35 min./**

1.5 Opakování **/20 min/**
- základní zákony hydrauliky
- základy hydrodynamiky /hustota, viskozita, stlačitelnost, tlak, teplota/
- matematické vztahy /Pascalův zákon,hydrostatický tlak, statický tlak, Bernouliho rovnice, silové účinky proudění kapaliny, ztráty/
- funkční schéma hydrostatického mechanismu, definice vstupního a výstupního členu, prvků pro řízení tlaku, průtoku /nákresy, schematické značky, ukázky depozitáře/

1.6 Zadání domácího úkolu /zhotovení myšlenkové mapy pro hydraulický mechanismus použitý pro zařízení k válcování závitů včetně hydraulického schematu/ **/3min./**

1.7 Opakování , zodpovězení dotazů **/6min./**

1.8. Závěr **/1min./**

3.-4. HODINA

3.1 Zahájení hodiny, organizační záležitosti. /**3min./**

3.2 Spuštění PC sítě a instalace programu Powerpoint pro výuku hydraulických mechanismů a kinematických mechanismů /**2min.**/

3.3 Opakování, kontrola domácího úkolu /zhotovení myšlenkové mapy hydraulického mechanismu zařízení vč. hydraulického schematu - zodpovězení dotazů **/20min./**

3.4 Opakování
- alternativní použití hydraulického mechanismu v technické praxi
- kinematické mechanismy, typy, definice přenosu energie, rozklad sil
- technické normy, informace o veličinách, jejich vyhledávání v ČSN, ČSN EN ISO
- úvodní sdělení o vyhledáváni informací a výrobcích hydraulických komponentů, stahování CAD modelů ve 3D přes Internetu **/ 25min./**

3.5 Návrh řešení zařízení pro válcování závitů na tabuli (nákres od ruky) **/20min./**

3.6 Individuální modifikace návrhu **/10min./**

3.7 Zadání domácího úkolu -návrhy modifikací –kreslení od ruky **/2min./**
-návrhy modelů –kreslení od ruky **/2 min/**

3.8 Opakování **/5min./**

3.9 Závěr **/1min./**

5.-6. HODINA

5.1 Zahájení hodiny, organizační záležitosti. /**3min/**

5.2 Spuštění PC sítě **2min.**/

5.3 Opakování, kontrola domácího úkolu / návrhy, modifikace, kreslení od ruky, zodpovězení dotazů **/20min./**

5.4 Informace o úplnosti technické dokumentace projektu: **/10min./**

- elektronická verze
  - modely
  - modelová sestava
  - výpočtová zpráva
  - výkresová sestava včetně kusovníku
  - výrobní výkresy
  - kinematické a hydraulické schéma
  - výpočet dle CAE
  - technologický postup dle CAM
- tisková verze
  - výpočtová zpráva
  - výkresová sestava včetně kusovníku
  - výrobní výkresy
  - kinematické a hydraulické schema
  - výpočet dle CAE
  - technologický postup dle CAM
  - nákres hydraulického válce /od ruky/
  - nákres součásti /od ruky/

Informace o termínech odevzdání, adresářích pro uložení dat projektu
Rozdělení žáků do konstrukčních týmů /max. 3-4 žáci/

5.5 Tvorba modelů ve 3D /samostatná práce žáka , konzultace **/45min./**

5.6 Zadání domácího úkolu / návrhy modelů, vytvoření presentace pro sestavení modelů/ **/3min./**

5.7 Opakování **/6min./**

5.8 Závěr **/1min./**

7.-8. HODINA

7.1 Zahájení hodiny, organizační záležitosti **/3min/**

7.2 Spuštění PC sítě **/2min.**/

7.3 Opakování, kontrola domácího úkolu / kontrola CAD modelů, nákresy projektu/ **/20min./**

7.4 Vyhledávání normalizovaných modelů na Internetu, tvorba CAD modelů ve 3D **/20min./**

7.5 Vytvoření modelové sestavy ve 3D /presentace žáků, samostatná práce žáka , konzultace / **/35 min./**

7.6 Zadání domácího úkolu /návrhy na změny modelů, kreslení modelů od ruky / **/3min./**

7.7 Opakování, zodpovězení dotazů **/6min./**

7.8 Závěr **/1min./**

9.-10. HODINA

9.1 Zahájení hodiny, organizační záležitosti. /**3min/**

9.2 Spuštění PC sítě /**2min.**/

9.3 Opakování, kontrola domácího úkolu / kontrola modelů, sestavy, nákresy projektu zodpovězení dotazů **/20min./**

9.4 Realizace modelové sestavy ve 3D /samostatná práce žáka , konzultace **/20min./**

9.5 Matematický výpočet pevnostně namáhaných součástí- návrh **/35min./**

9.6 Zadání domácího úkolu /dokončení komplexního výpočtu/ **/3min./**

9.7 Opakování, zodpovězení dotazů **/6min./**

9.8 Závěr **/1min./**

11.-12. HODINA

11.1 Zahájení hodiny, organizační záležitosti. /**3min./**

11.2 Spuštění PC sítě /**2min.**/

11.3 Opakování, kontrola domácího úkolu / kontrola numerického výpočtu, zodpovězení dotazů/ **/20min./**

11.4 modifikace CAD modelů včetně modelové sestavy, dokončení modelové sestavy ve 3D /samostatná práce žáka, konzultace **/30 min./**

11.5 Příprava modelů pro CAE, výpočet, výtisk výsledků **/25 min./**

11.6 Zadání domácího úkolu /komplexní výpočet/ **/3 min./**

11.7 Opakování, zodpovězení dotazů **/6 min./**

11.8 Závěr **/1 min./**

13.-14. HODINA

13.1 Zahájení hodiny, organizační záležitosti. /**3min./**

13.2 Spuštění PC sítě /**2min.**/

13.3 Opakování, kontrola domácího úkolu / kontrola výpočtu, zodpovězení dotazů **/20min./**

13.4 Modifikace modelů, modelové sestavy ve 3D na základě výsledků CAE, /samostatná práce žáka , konzultace **/30min./**

13.5 Příprava modelů pro CAE, nový výpočet, výtisk výsledků **/25min./**

13.6 Zadání domácího úkolu /komplexní výpočet/ **/3min./**

13.7 Opakování, zodpovězení dotazů **/6min./**

13.8 Závěr **/1min./**

15.-16. HODINA

15.1 Zahájení hodiny, organizační záležitosti. /**3min./**

15.2 Spuštění PC sítě a instalace programu pro výuku hydraulických mechanismů /**2min.**/

15.3 Opakování, kontrola domácího úkolu / kontrola modelů, sestavy, kontrola výpočtu, zodpovězení dotazů **/20min./**

15.4 Ekonomické vyhodnocení projektu **/20min./**

15.5 Vytvoření výkresu sestavy 2D včetně kusovníku /samostatná práce žáka , konzultace **/35min./**

15.6 Zadání domácího úkolu /dokončení sestavy ve 2D, nákres od ruky 1 součásti **/3min./**

15.7 Opakování, zodpovězení dotazů **/6min./**

15.8 Závěr **/1min./**

17.-18. HODINA

17.1 Zahájení hodiny, organizační záležitosti. /**3min./**

17.2 Spuštění PC sítě a instalace programu pro výuku hydraulických mechanismů **/2min./**

17.3 Opakování, kontrola domácího úkolu / kontrola modelů, sestavy, výkresu sestavy a kusovníku, zodpovězení dotazů **/20 min./**

17.4 Zhotovení výkresů 2 součástí /samostatná práce žáka , konzultace **/35 min./**

17.5 Příprava modelu válce KOS401A4B pro vypracování technologického postupu CAM včetně programu a nástrojového vybavení. Realizace bude provedena v hodině Technologického cvičení **/5 min./**

17.6 Informace o ekonomické vyhodnocení dodavatelů, kooperací, normalizovaných součástí, informace o BIM firem **/15 min./**

17.7 Zadání domácího úkolu /dokončení výkresů ve 2D, kusovníku / **/3min./**

17.8 Opakování, zodpovězení dotazů **/6 min./**

17.9 Závěr **/1min./**

Ing. Vratislav Slomek

STŘEDNÍ PRŮMYSLOVÁ ŠKOLA VSETÍN	**PŘÍPRAVEK**	**KOC401**
		HODNOCENÍ

ZADÁNÍ:

Navrhněte přípravek pro radiální válcování závitu M 26x1 na povrchu válcové plochy redukce KOC401A201D1, je-dáno:

1/ materiál tyče 11600.0, šířka závitu 22 mm
2/ vřeteno stroje AN6/40 má při otáčkách 630 1/min výkon 2.7 kw
3/ posuv kotoučů je 0.2-0.4mm/ot
4/ provozní hydraulický tlak agregátu stroje je 5MPA

Pro práci použijte přílohu:

kinematické schéma KOC401AS1E1.1
hydraulické schema KOC401AS1E1.2

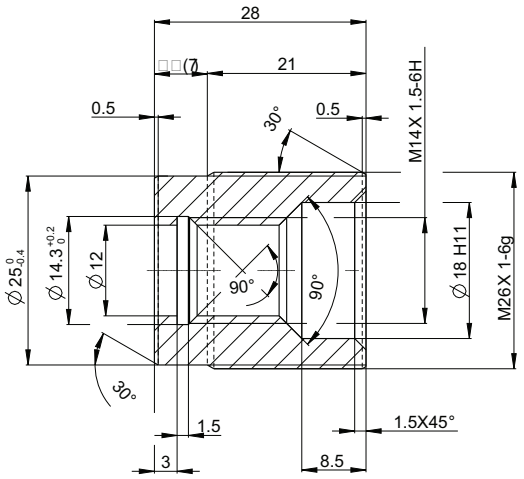
PROVEĎTE:

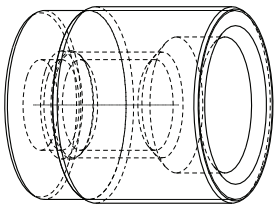
1/ PEVNOSTNÍ VÝPOČTY KINEMATICKÉ A HYDRAULICKÉ ČÁSTI PŘÍPRAVKU
2/ KONTROLU DEFORMACÍ A NAPJATOSTI MECHANISMU PŘI MAXIMÁLNÍ VÁLCOVACÍ SÍLE
3/ NAVRH PŘÍPRAVKU
4/ VYPRACUJTE ŘÍDICÍ PROGRAM PRO OBRÁBĚNÍ POZICE VÁLCE KOC401A4B1
5/ PROJEKT KOMPLEXNĚ ŘEŠTE NA BÁZI IT TECHNOLOGIÍ /CAD,CAE,CAM/
6/ PROVEŤE EKONOMICKOU KALKULACI NÁKLADŮ NA VÝROBU UVEDENÉHO PŘÍPRAVKU A RENTABILITU NÁHRADY SOUSTRUŽENÉHO ZÁVITU VÁLCOVANÝM

Technická dokumentace bude obsahovat modely součástí, výkresovou dokumentaci, kusovník, výpočtovou zprávu, výpočty CAE, program pro obrábění válce

JMÉNO:	Třída	Pořadové. číslo	Datum	Počet listů	list č.	Č. projektu

3.2





2:1

CERNENO

POZ.	NAZEV	KS	MATERIAL	POLOZKA	ROZMER BEZ PRIDAVKU	HMOTN.	POZNAMKA
KONSTR.	17 04 11 SLOMEK		CISTA HMOTN. 0.077	TRIDA ODP.			
KONTROL.			POLOTOVAR MODEL/VYKOVEK				
VEDOUCI			MATERIAL 11600.0				
REF.NORM.							
REF.MATER.							
CAD			HODNOTY NA HOTOVE SOUCASTI				
DILEN. VYKRES	DATUM VYDANI		POVRCH.TVRDOST/PEVNOST	HL.VRSTVY	C. ZMENY / ZN / D / M / R / PODPIS		
	PODPIS KONSTR.						

ISO 2768-mH
EN ISO 13920-BF

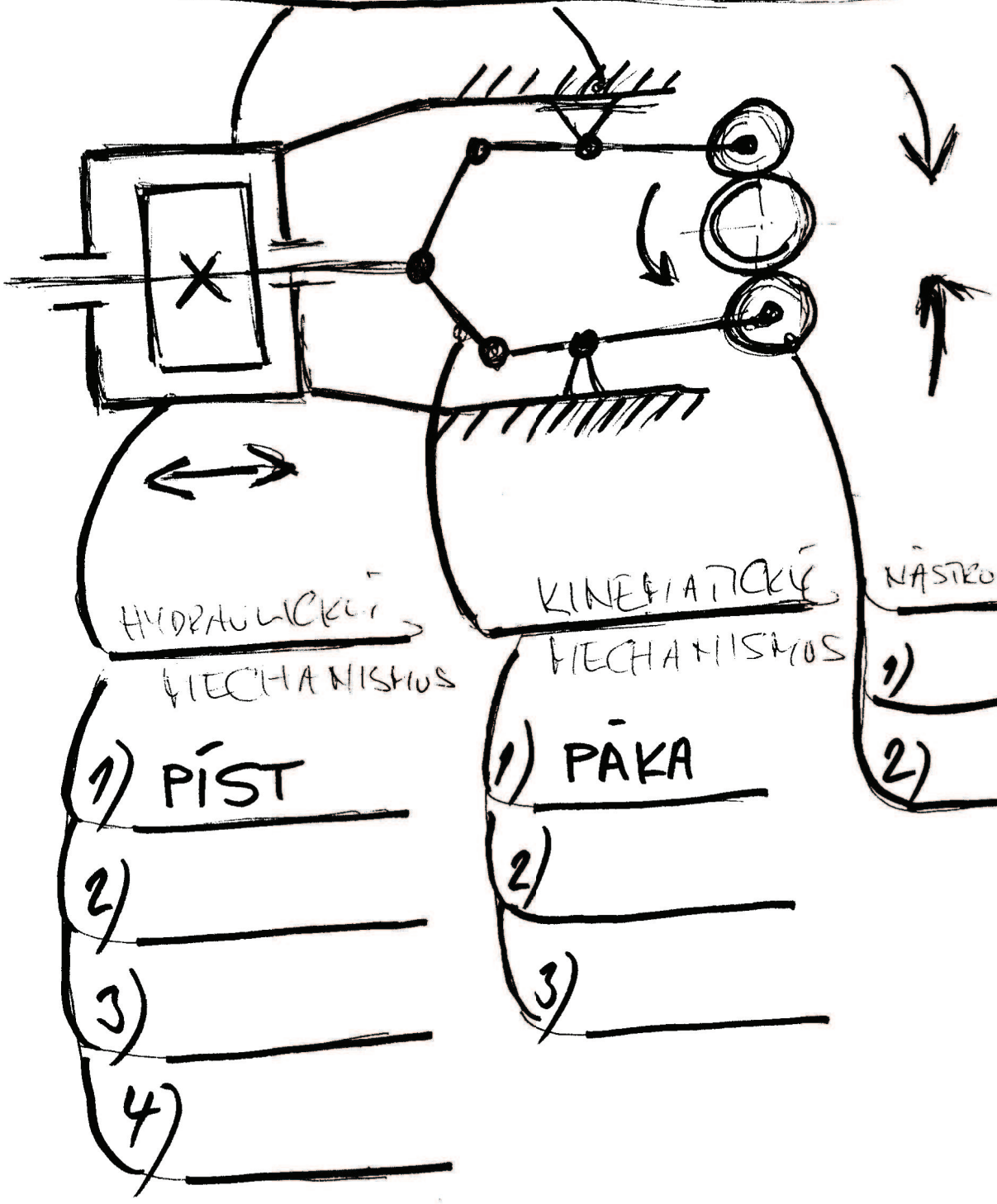
NAHRAZUJE C.V. | PODOBNE

MERITKO 1:1 | SOUCAST REDUKCE

NAZEV STROJE PRIPRAVEK

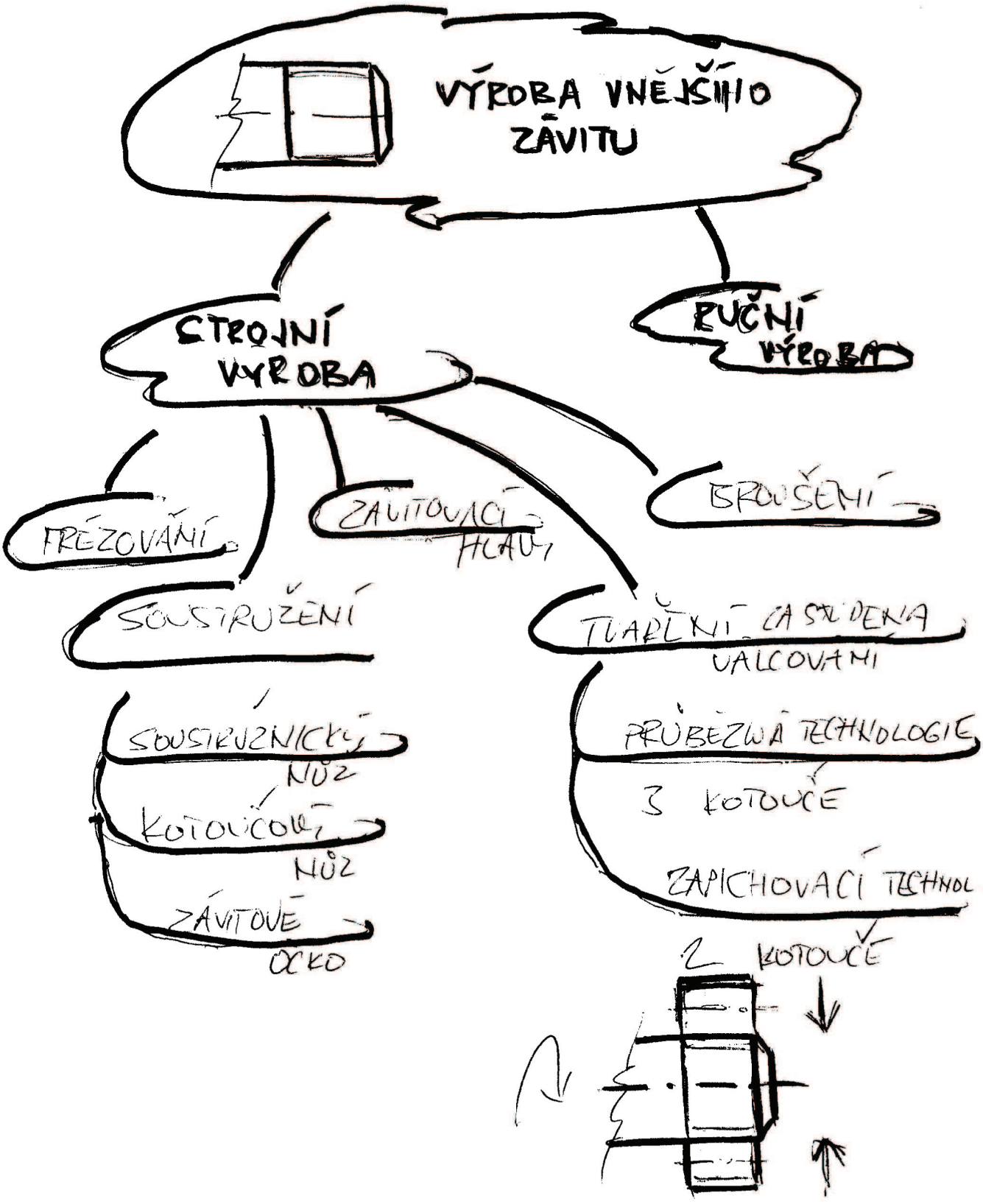
C.V. KOC401A200D1 | DILY 1 | DIL 1

VÁLCOVÁNÍ ZÁVITŮ
ZAPICHOVACÍ TECHNOLOGIE



MYŠLENKOVÁ MAPA KOC 401

ING. VRATISLAV SLOMEK



MYŠLENKOVÁ MAPA KOC 401

ING. VRATISLAV SLOMEK

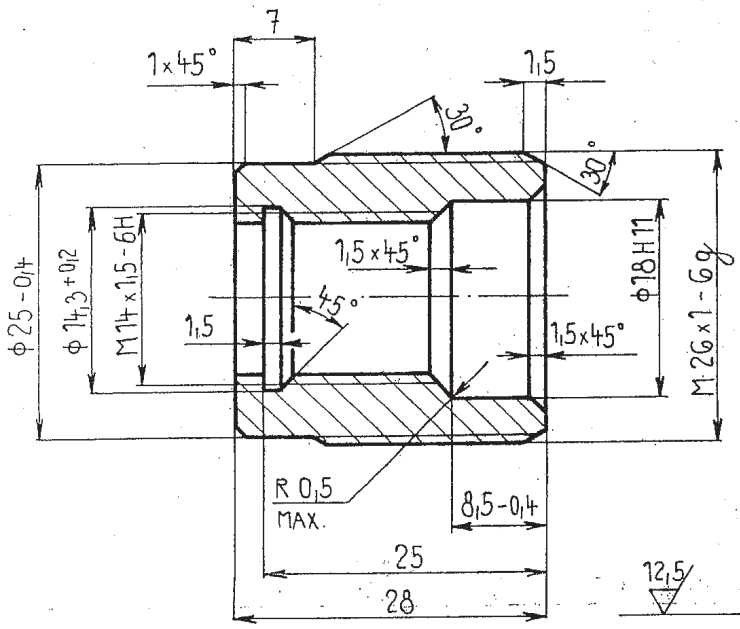
SPŠ STROJNICKÁ VSETÍN	PŘEDPIS PRO VÝROBU NA STROJI ANG/40 A	KOC 401 TAB-2	OPERACE: 1

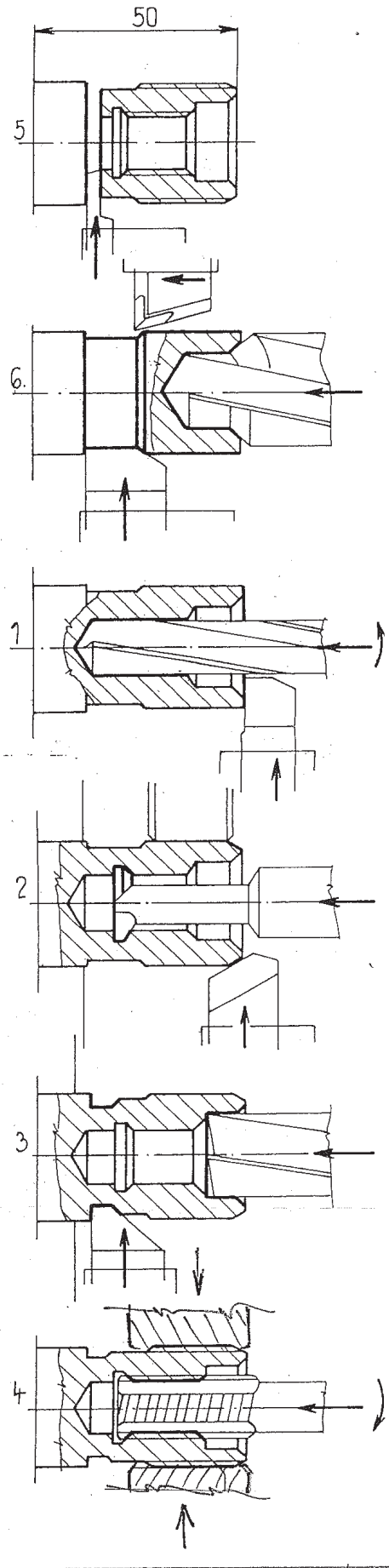
HLAVNÍ DATA	
OTÁČKY VŘETENE [MIN^{-1}]	630
MAX. ŘEZNÁ RYCHLOST [M.MIN^{-1}]	50
VÝROBNÍ ČAS [S]	17,8

MATERIÁL		
DRUH	ROZMĚR	HMOTNOST
11600.0	ϕ26 h11 x 3000	0,03

POČET KS
DÁVKA / ZAKÁZKA

ČÍSLO VÝKRESU KOC 401A2001





PŘ. 10

TECHNOLOGIE VÁLCOVANÉHO ZÁVITU

JMÉNO		ROČNÍK
VRATISLAV SLOMEK	PŘÍPRAVEK PRO VÁLCOVÁNÍ ZÁVITŮ	4.

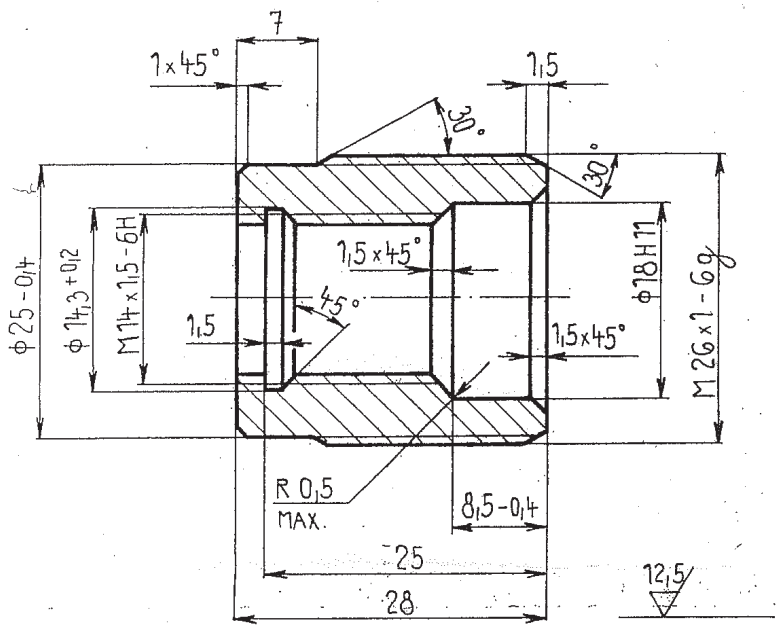
SPŠ STROJNICKÁ VSETÍN	PŘEDPIS PRO VÝROBU NA STROJI ANG/40 A	KOC 401 TAB. 1	OPERACE: 1

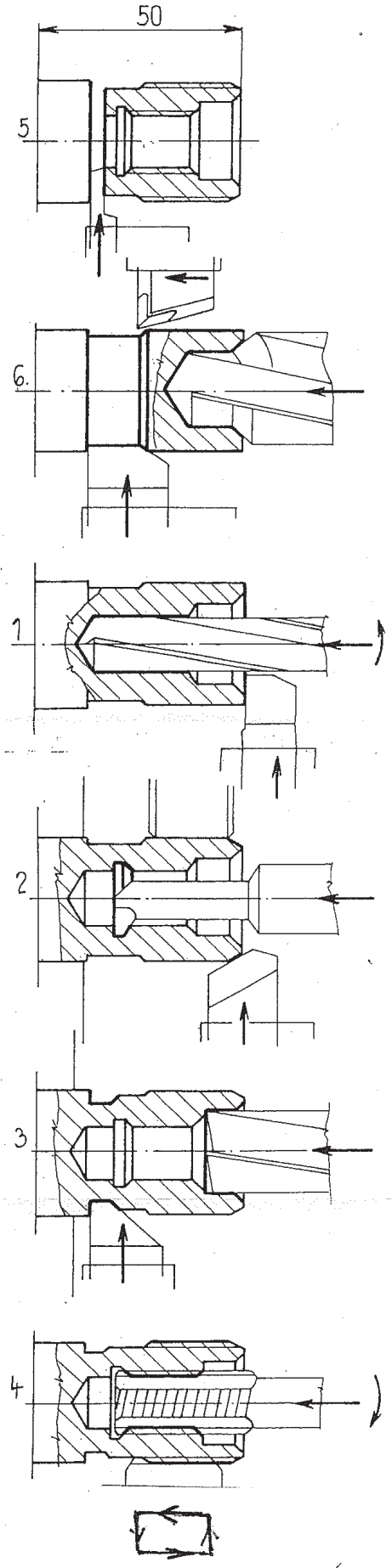
HLAVNÍ DATA	
OTÁČKY VŘETENE [OT. MIN⁻¹]	355
MAX. ŘEZNÁ RYCHLOST [M. MIN⁻¹]	28
VÝROBNÍ ČAS [S]	28,4

MATERIÁL		
DRUH	ROZMĚR	HMOTNOST
11600.0	ϕ28h11 x 3000	0,04

POČET KS
DÁVKA / ZAKÁZKA

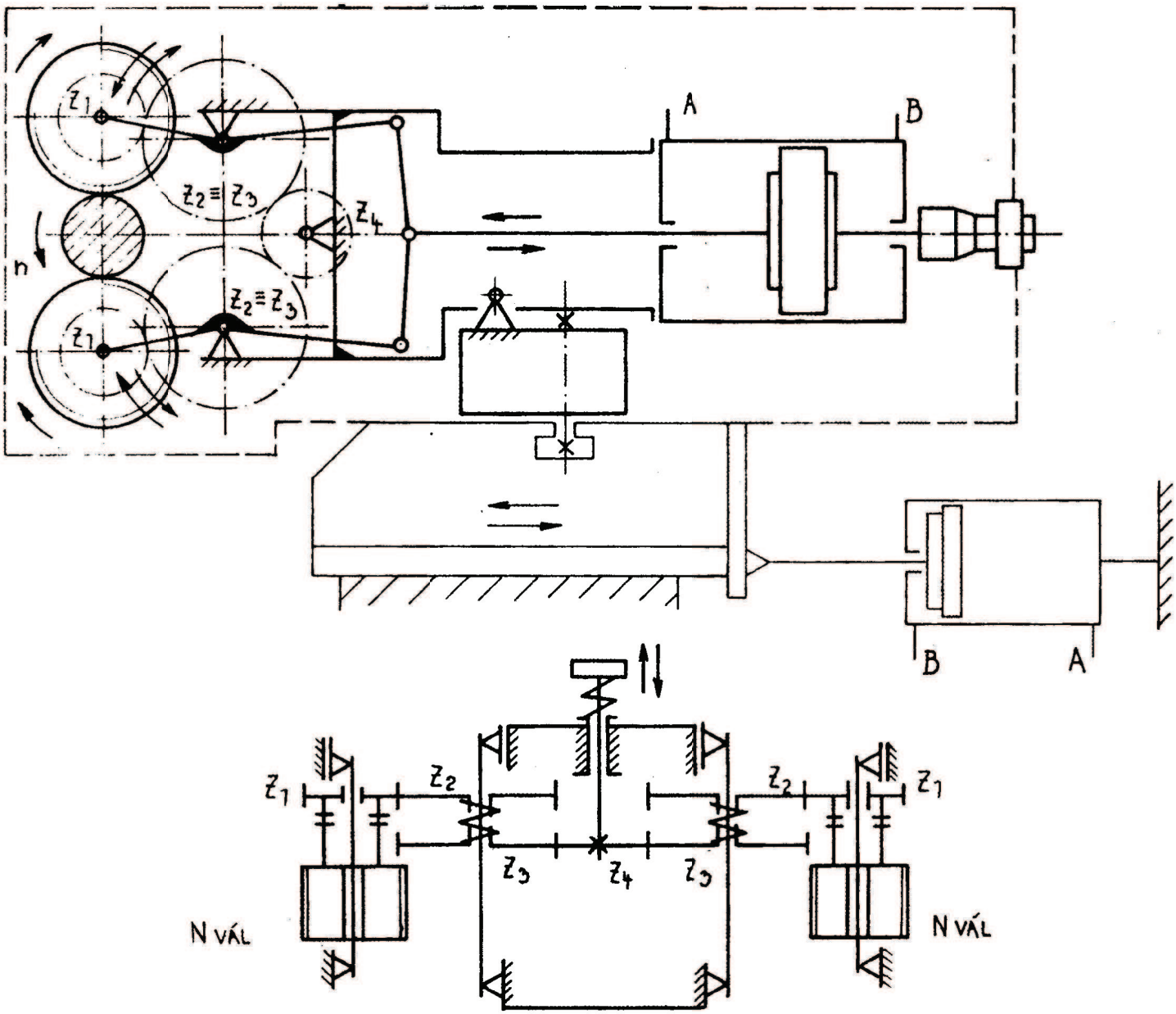
ČÍSLO VÝKRESU	KOC 401A200D1





TECHNOLOGIE SOUSTRUŽENÉHO ZÁVITU

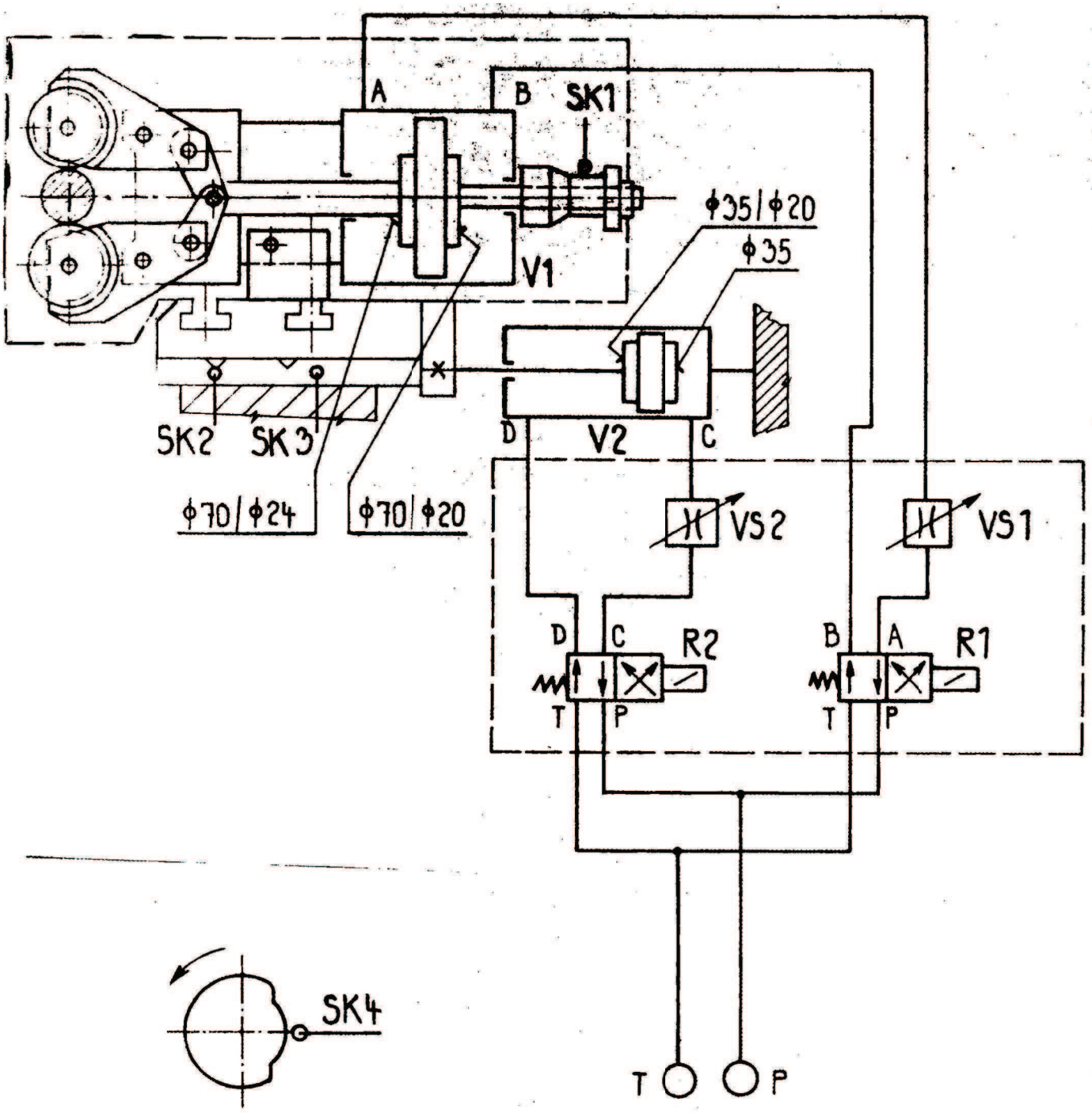
JMÉNO VRATISLAV SLOMEK	PŘÍPRAVEK PRO VÁLCOVÁNÍ ZÁVITŮ	ROČNÍK 4.



K 401 AS 1E1.1 KINEMATICKÉ SCHEMA

PŘÍPRAVEK PRO VÁLCOVÁNÍ ZÁVITŮ

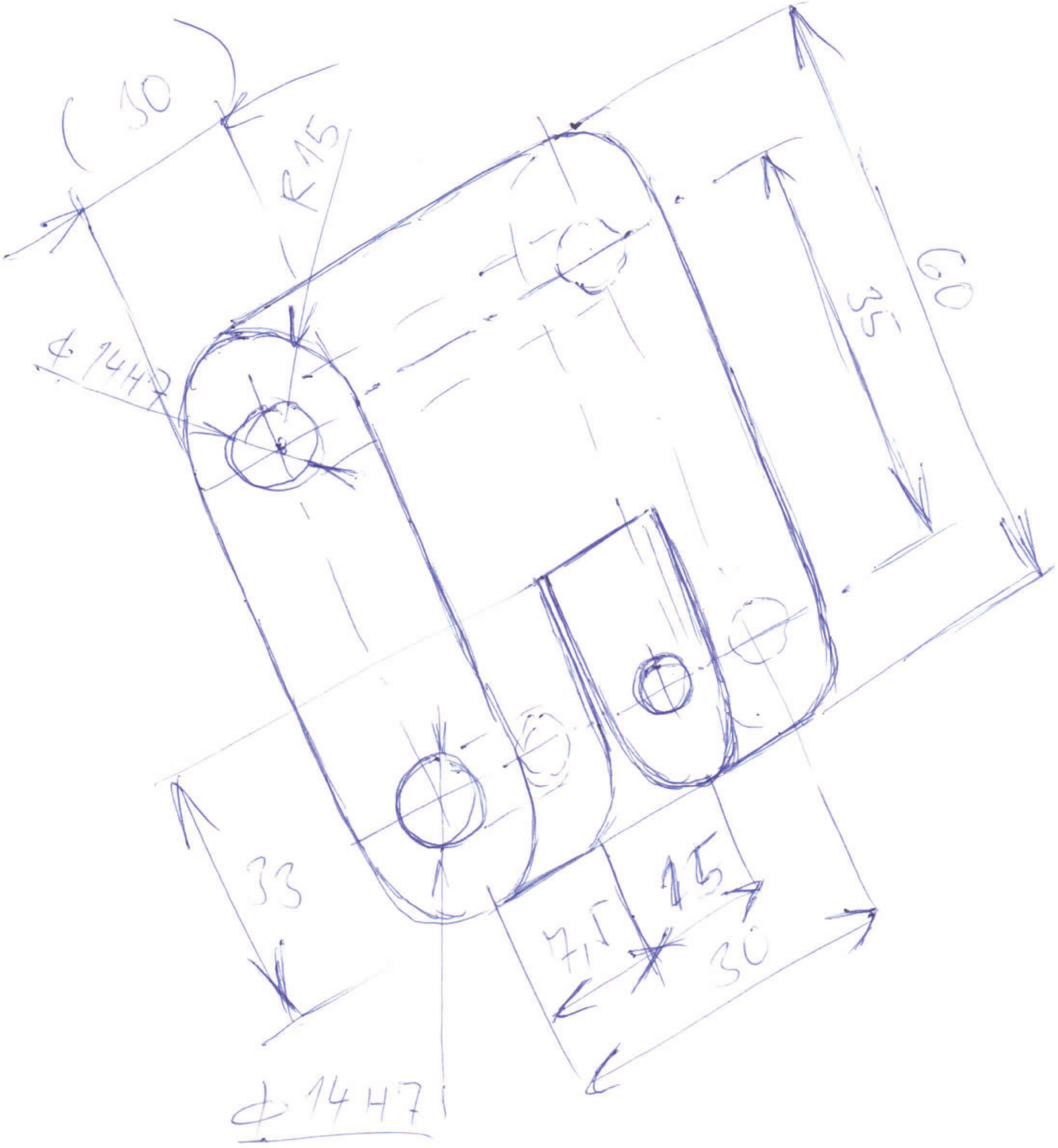
ING. VRATISLAV SLOMEK



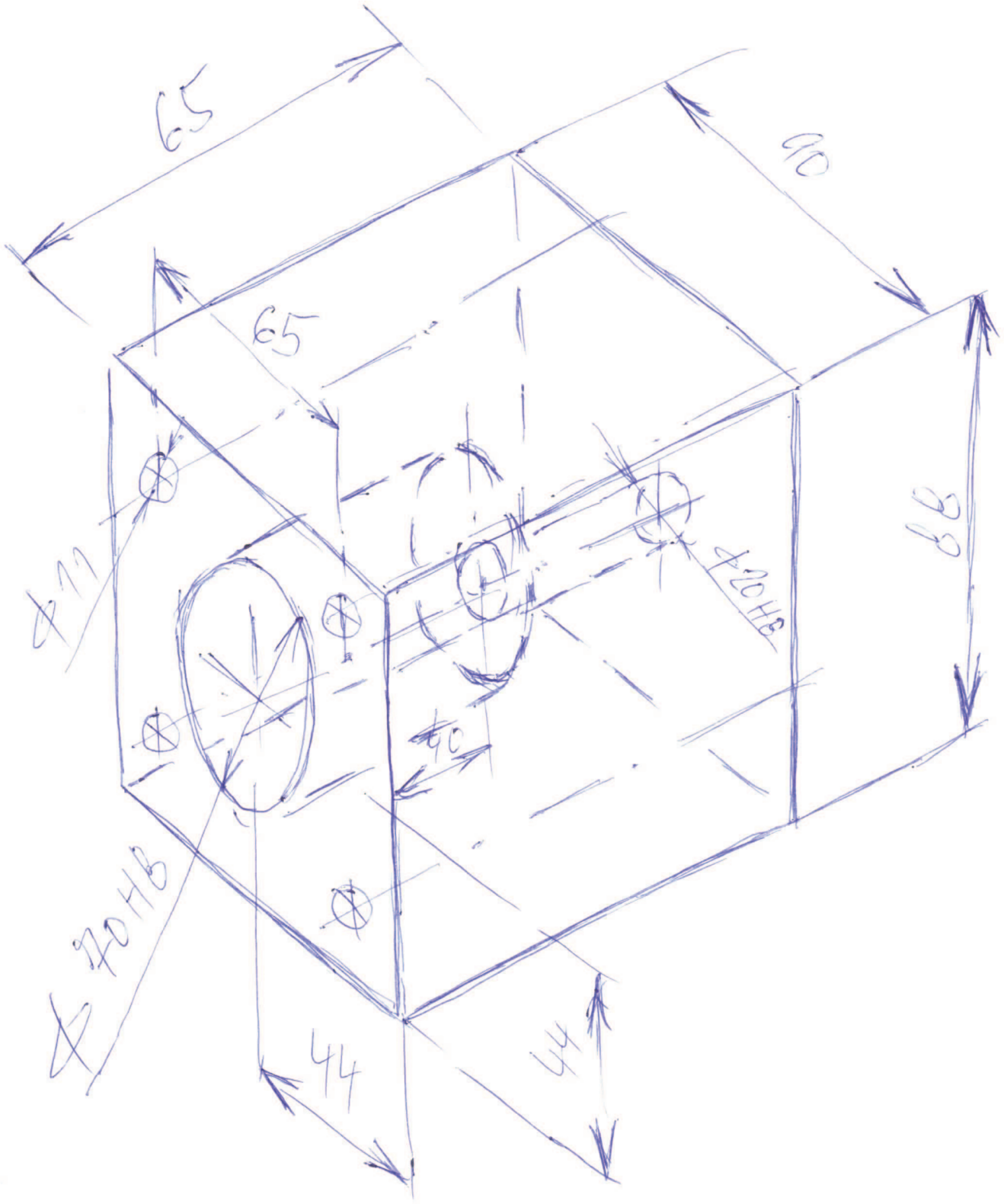
K 401 AS1 E1.2 HYDRAULICKÉ SCHEMA

PŘÍPRAVEK PRO VÁLCOVÁNÍ ZÁVITŮ

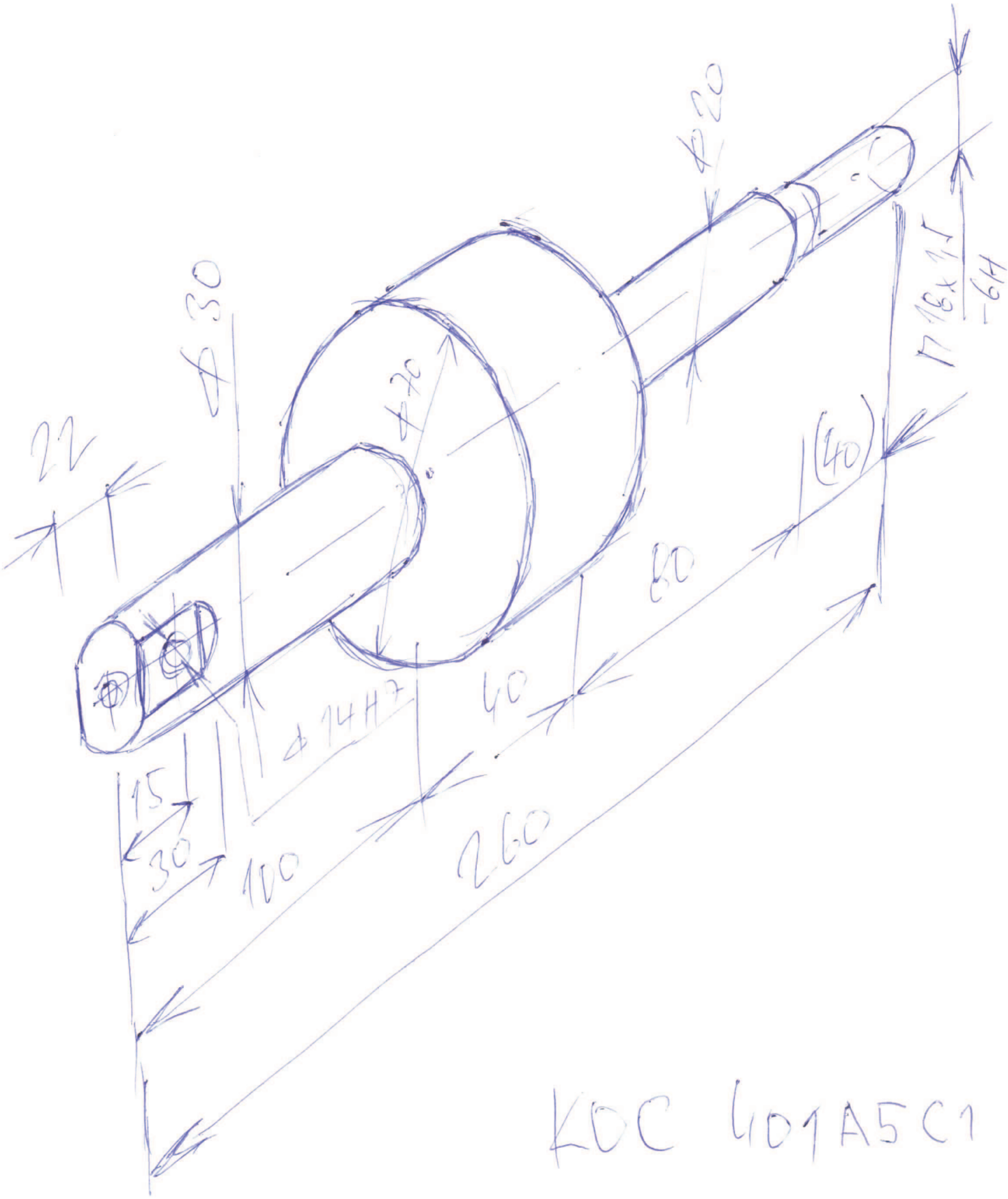
ING. VRATISLAV SLOMEK



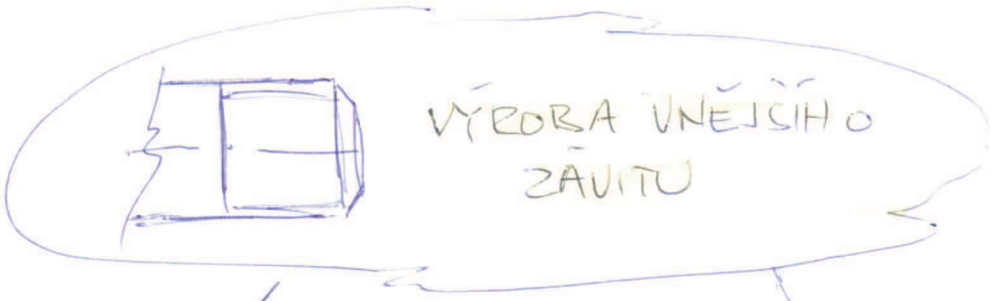
KOC 401A2E1



КОС 401А4В1



KOC 401A5C1



VÝROBA VNĚJŠÍHO ZÁVITU

STROJNÍ VÝROBA

RUČNÍ (VÝROBA)

FRÉZOVÁNÍ

ZÁVITOVACÍ HLAVY

BROUŠENÍ

SOUSTRUŽENÍ

TVÁŘENÍ ZA STUDENA VÁLCOVÁNÍ

SOUSTRUŽNICKÝ NŮŽ

KOTOUČOVÝ NŮŽ

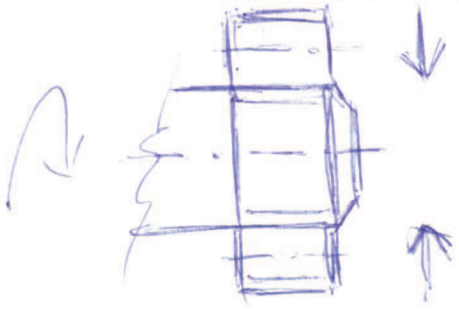
ZÁVITOVÉ OČKO

PRŮBĚŽNÁ TECHNOLOGIE

3 KOTOUČE

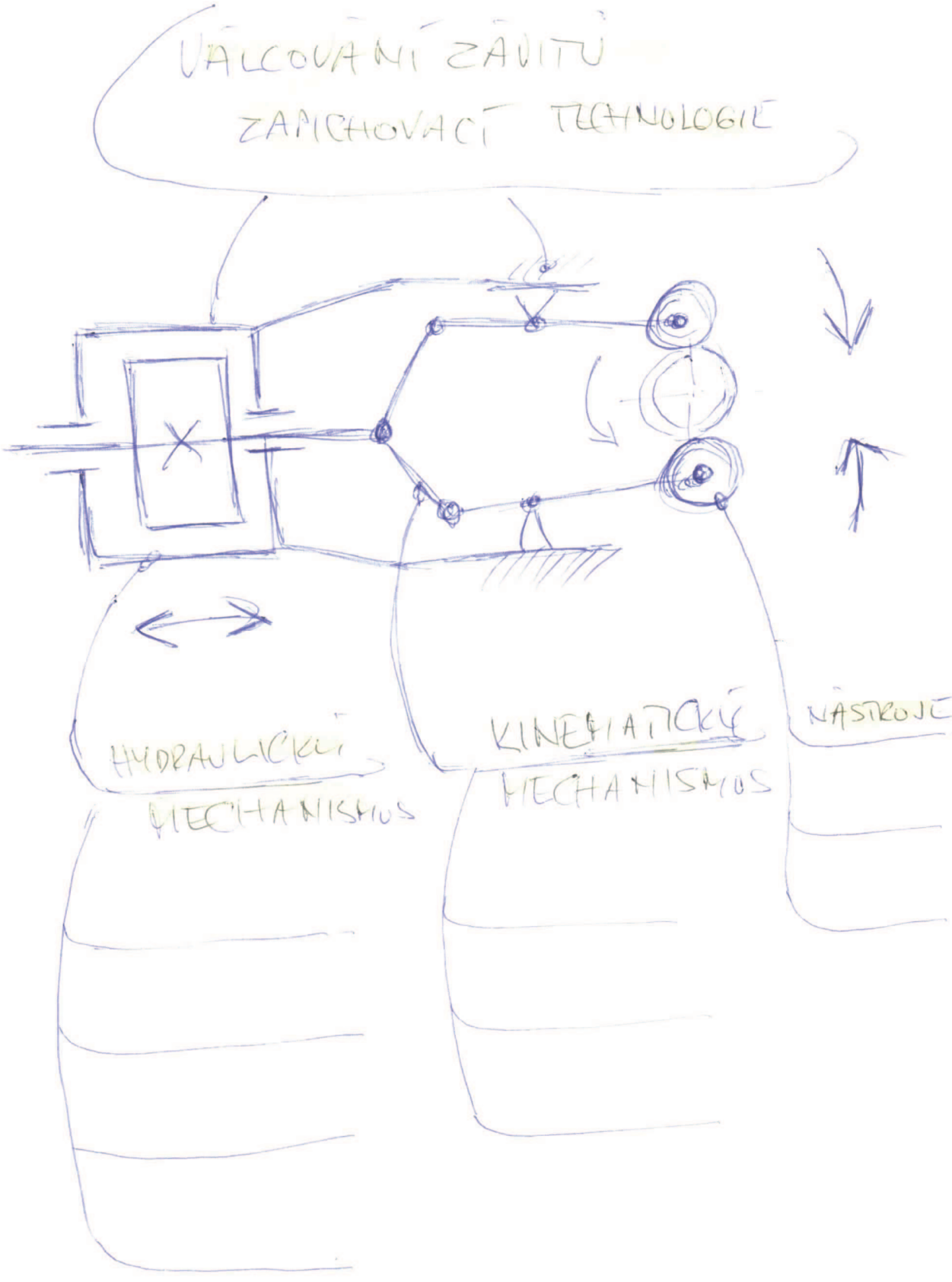
ZAPICHOVACÍ TECHNOL

2 KOTOUČE



MYŠLENKOVÁ MAPA KOC 401

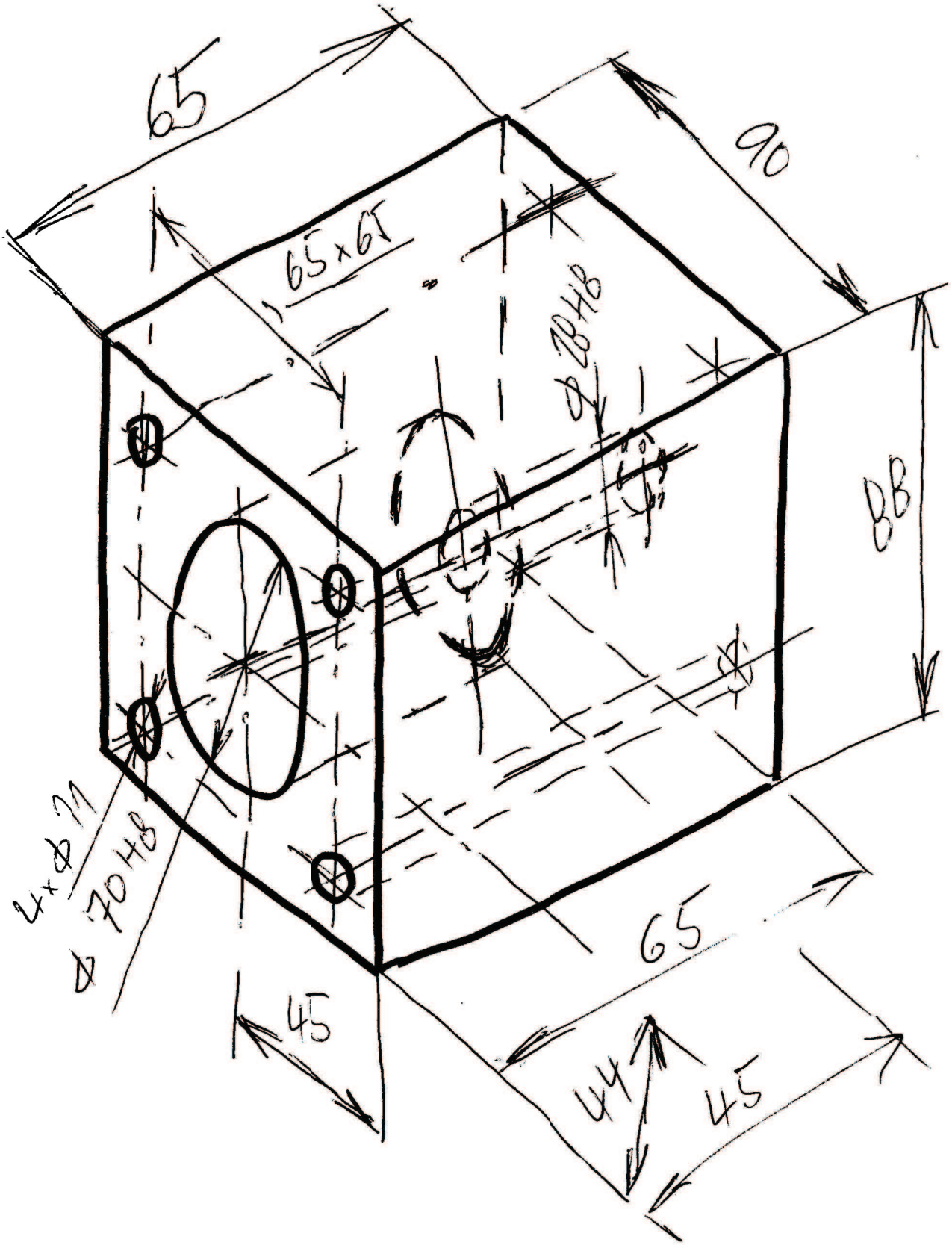
ING. VRATISLAV SLOMEK



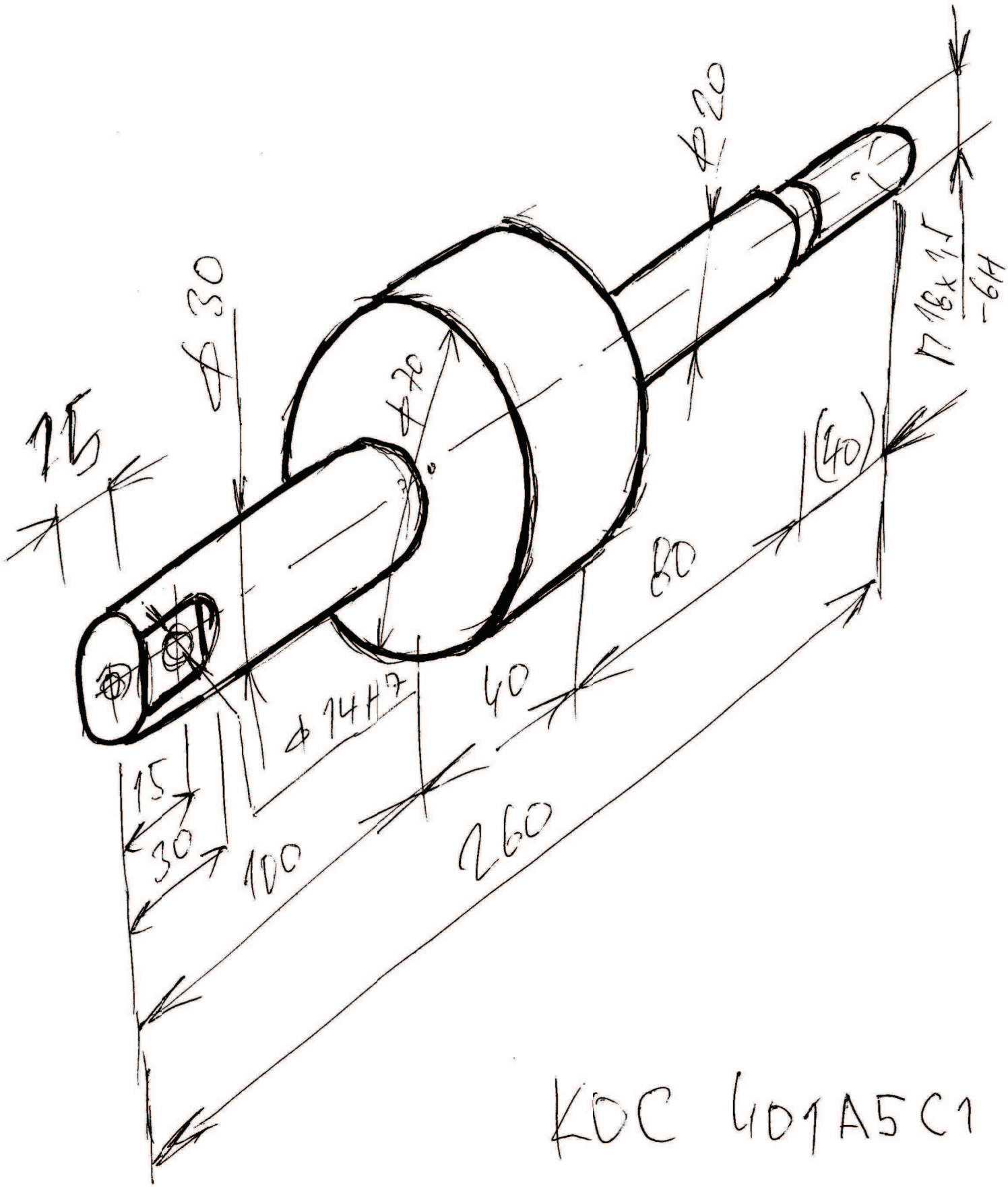
MYŠLENKOVÁ MAPA KOC 401

ING. VRATISLAV SLOMEK

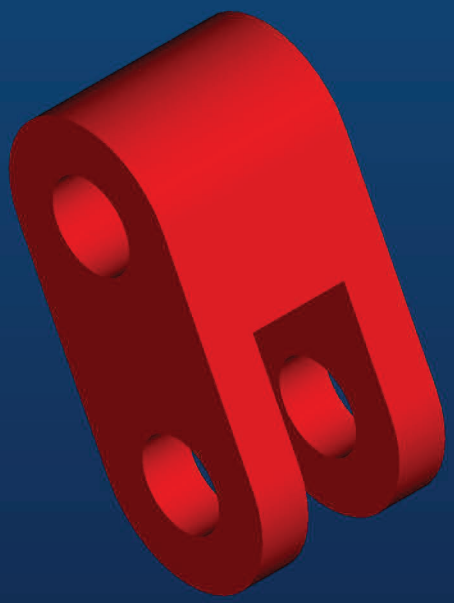
Pł. 14

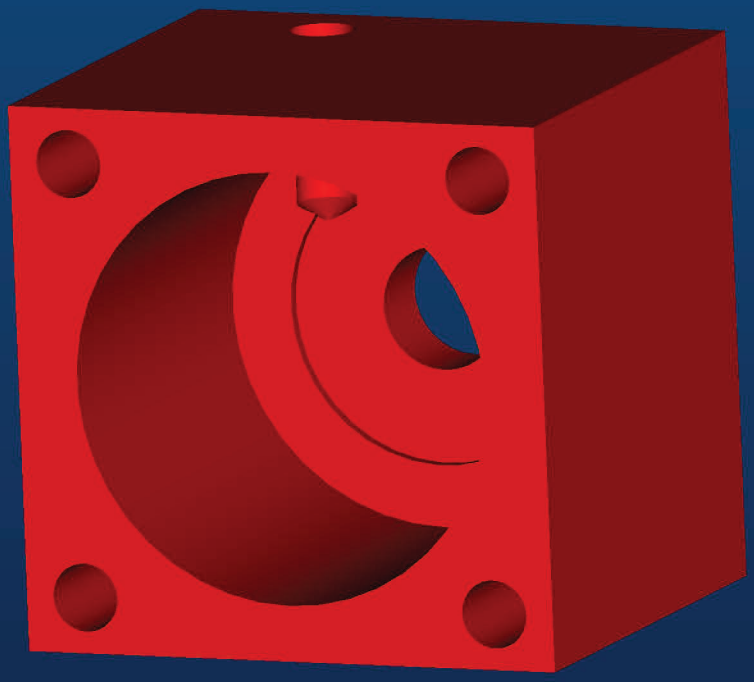


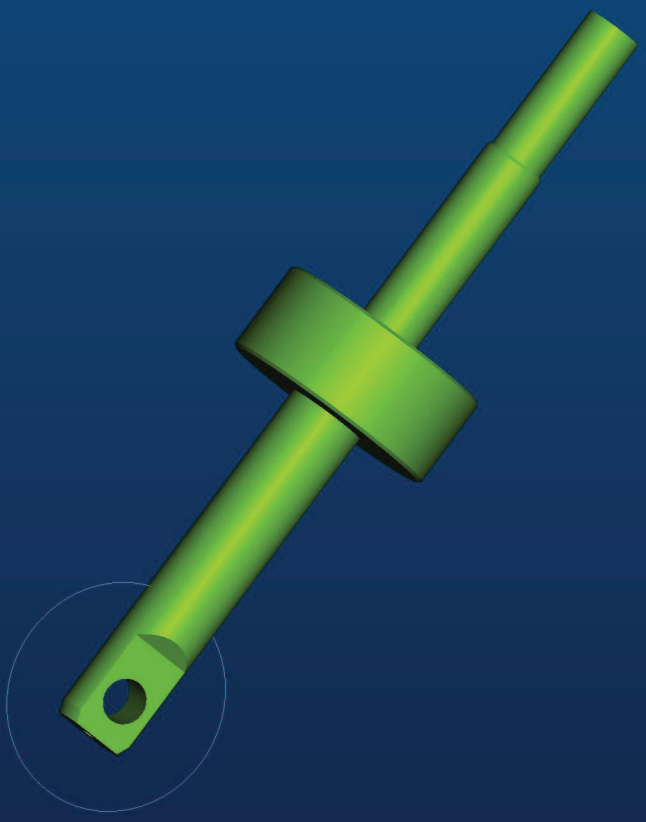
KOC401A4B1

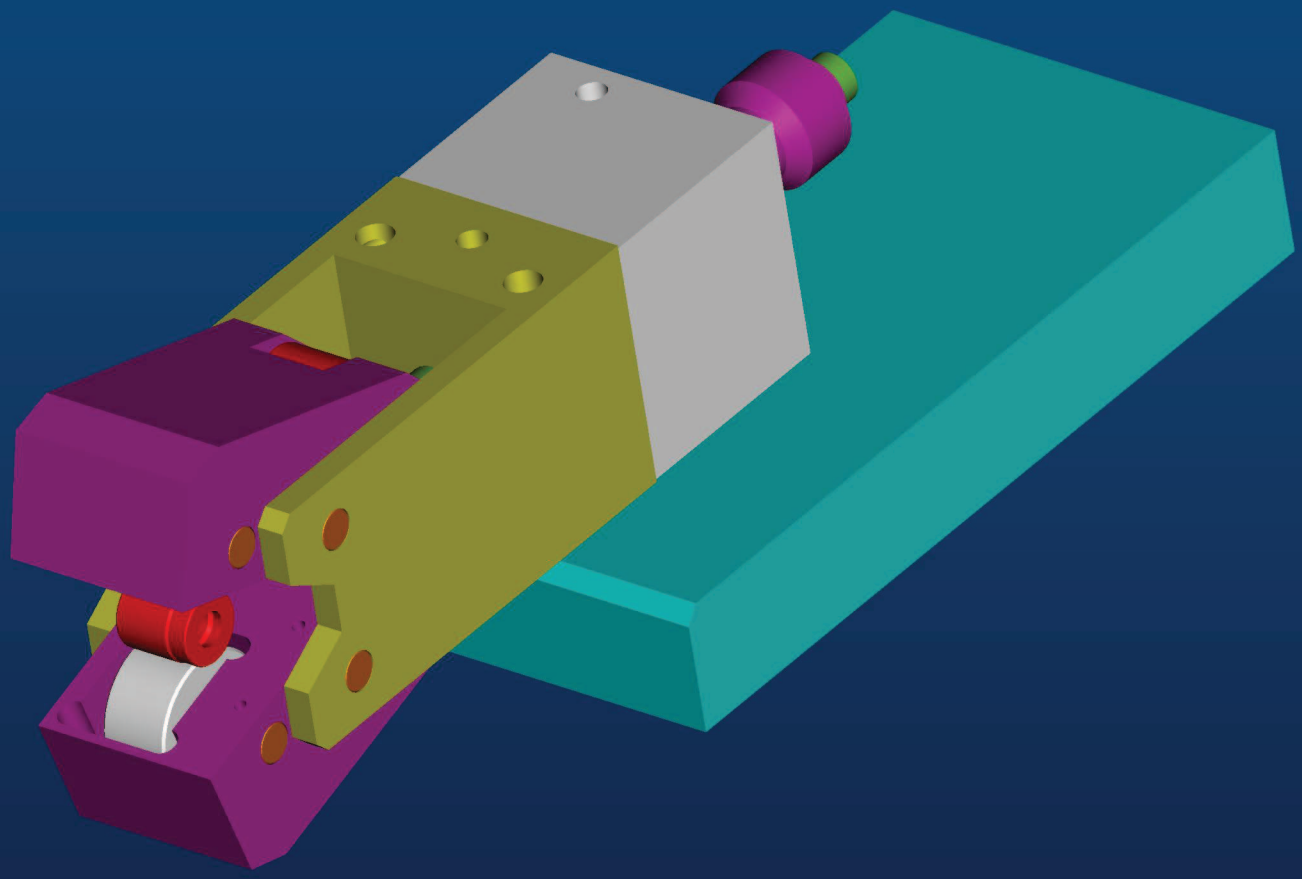


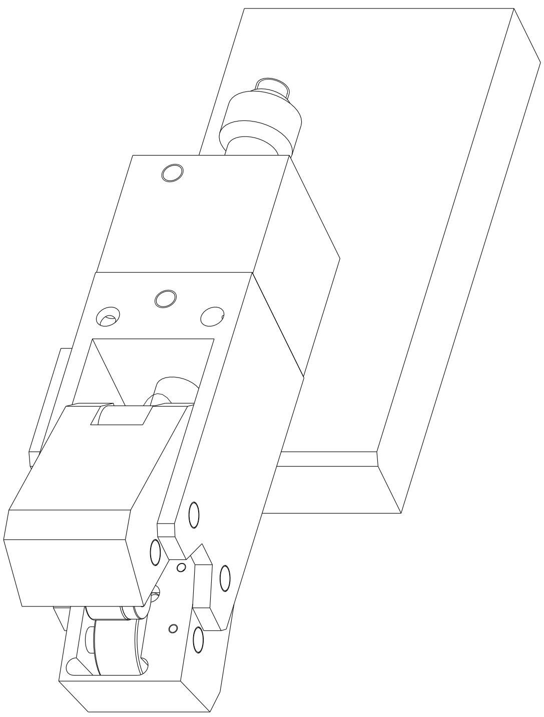
КОС 401А5С1



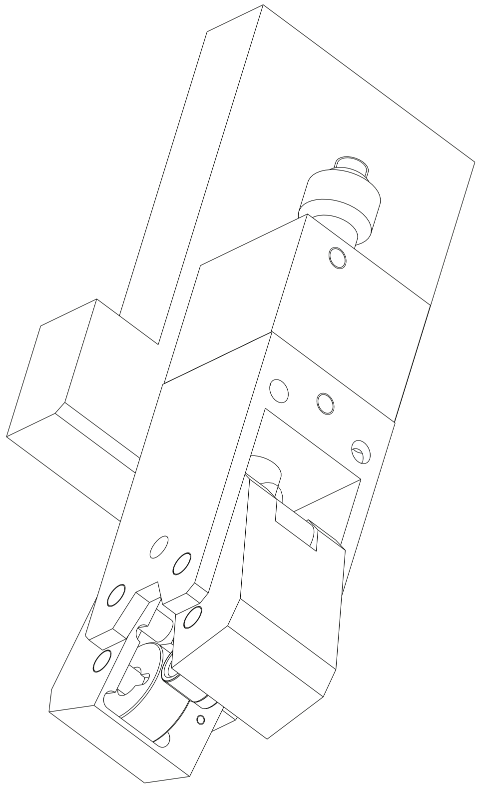






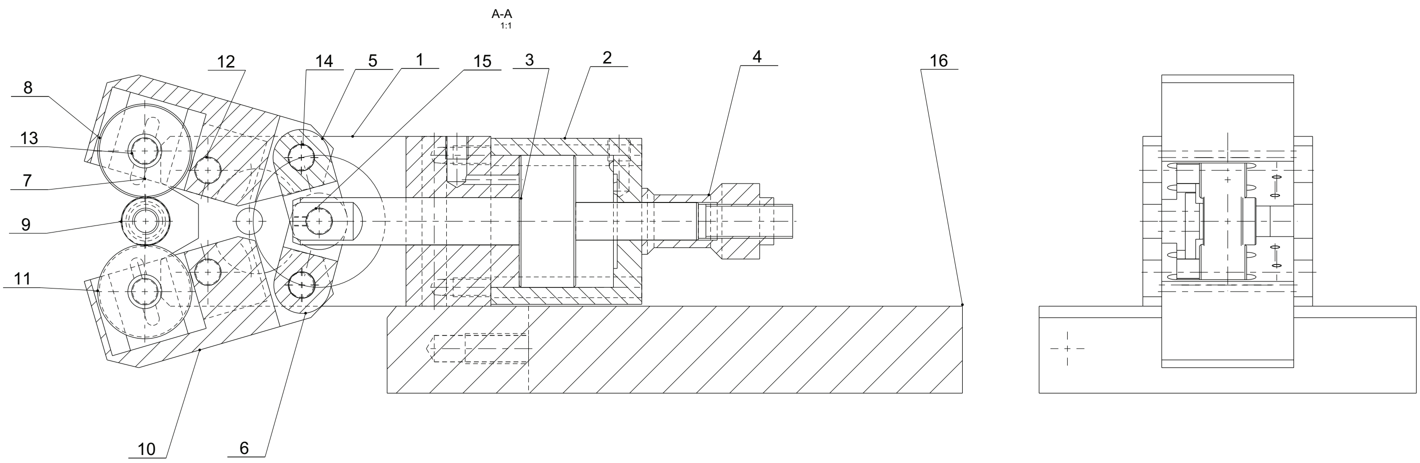


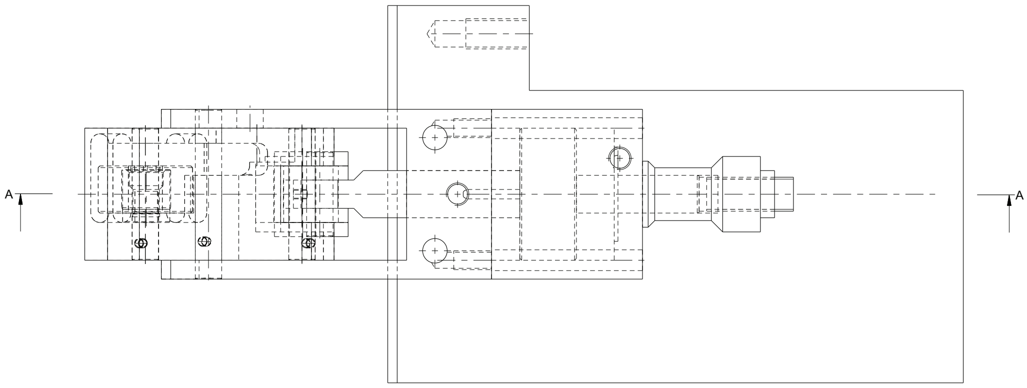
1:1



1:1

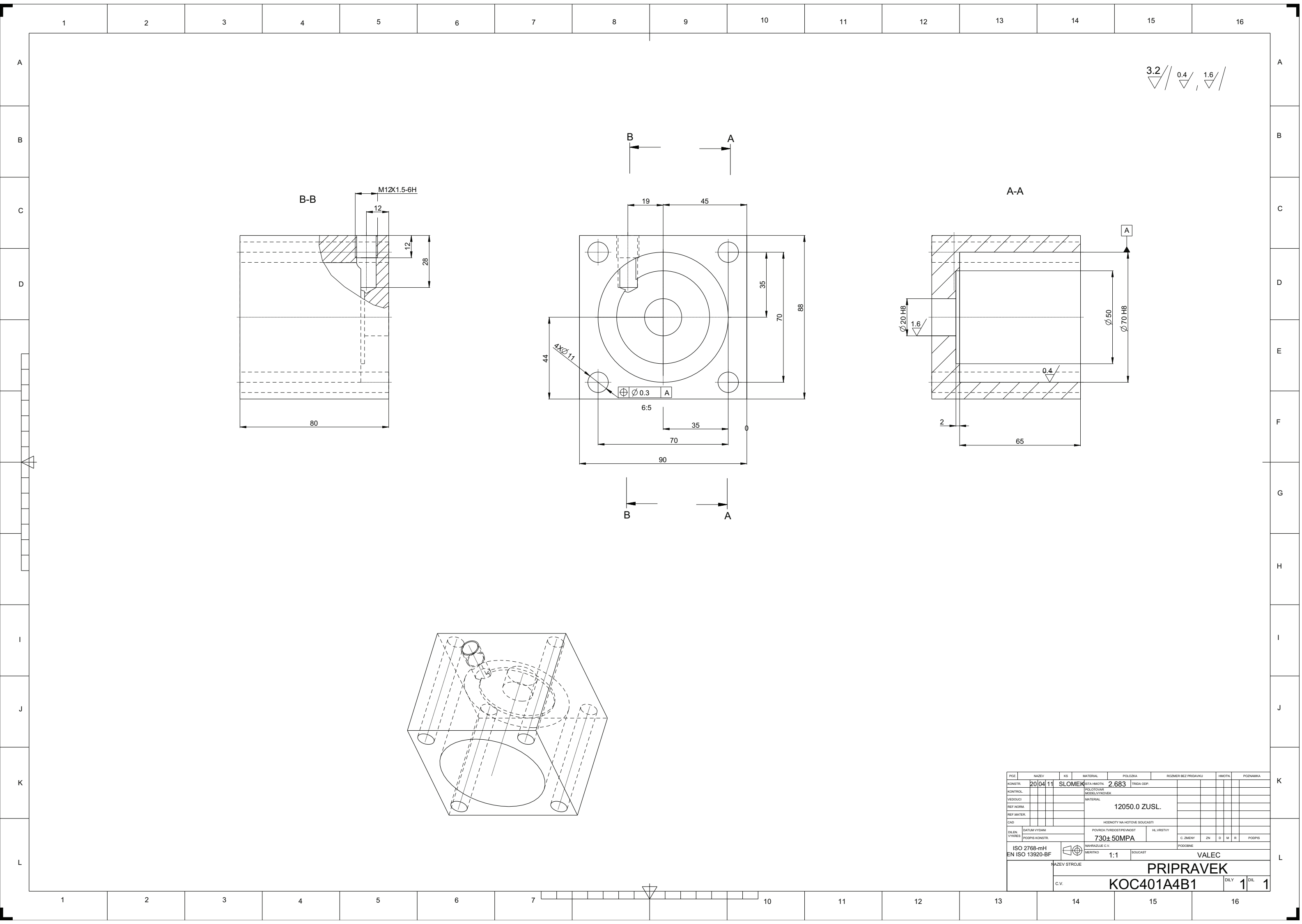
POZ.	NAZEV	KS	MATERIAL	POLOZKA	ROZMER BEZ PRIDAVKU	HMOTN.	POZNAMKA
KONSTR.	27 04 11 SLOMEK	CISTA HMOTN. 32.932	TRIDA ODP.				
KONTROL.		POLOTOVAR MODEL/VYKOVEK					
VEDOUCI		MATERIAL					
REF.NORM.							
REF.MATER.							
CAD		HODNOTY NA HOTOVE SOUCASTI					
DILEN. VYKRES	DATUM VYDANI	POVRCH.TVRDOST/PEVNOST	HL.VRSTVY				
	PODPIS KONSTR.			C. ZMENY	ZN	D M R	PODPIS
ISO 2768-mH EN ISO 13920-BF		NAHRAZUJE C.V.		PODOBNE			
		MERITKO 33:100	SOUCAST	VALCOVACI HLAVA			
	NAZEV STROJE	PRIPRAVEK					
	C.V.	KOC401AS1A1		DILY 2	DIL 1		

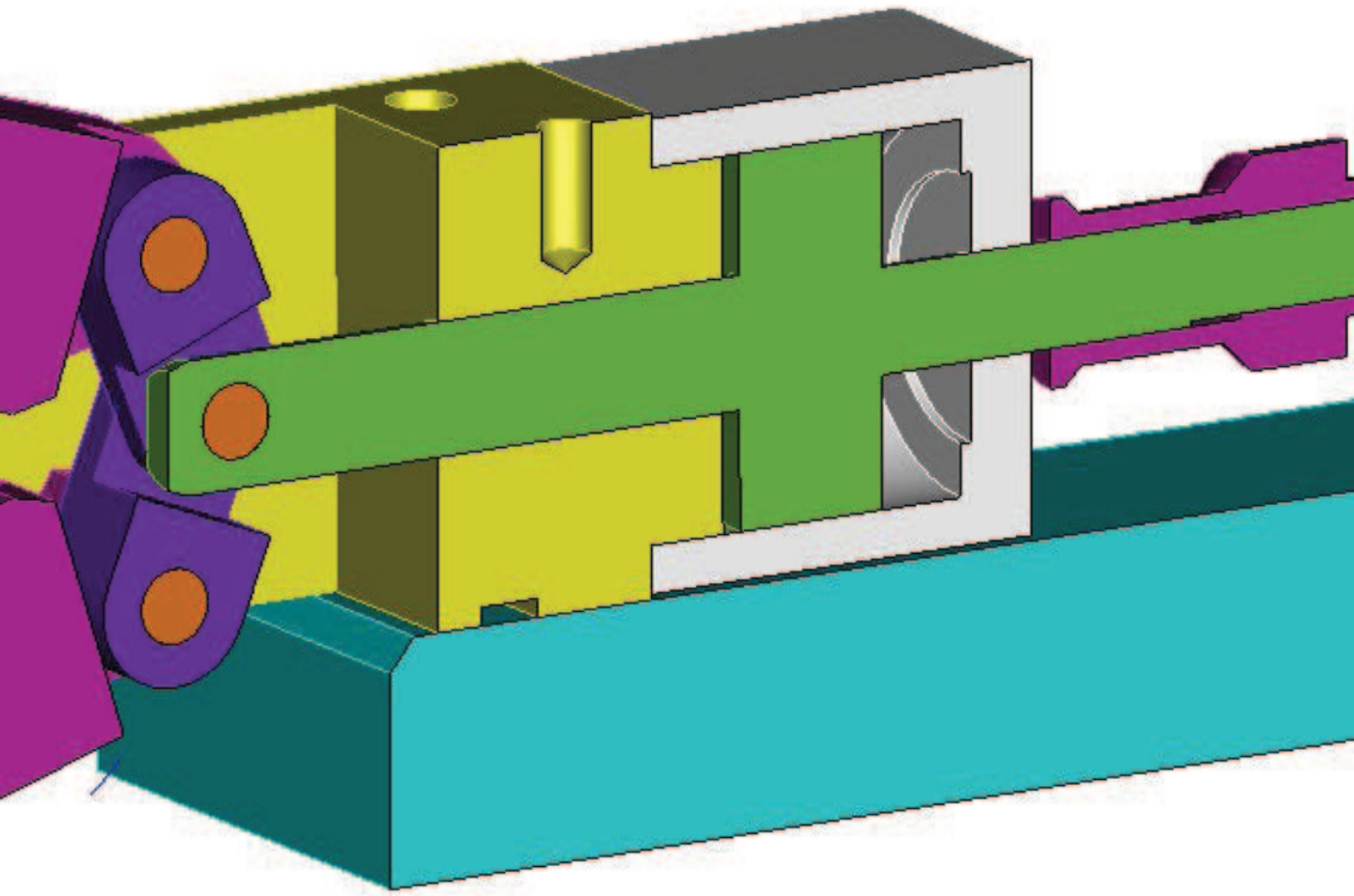




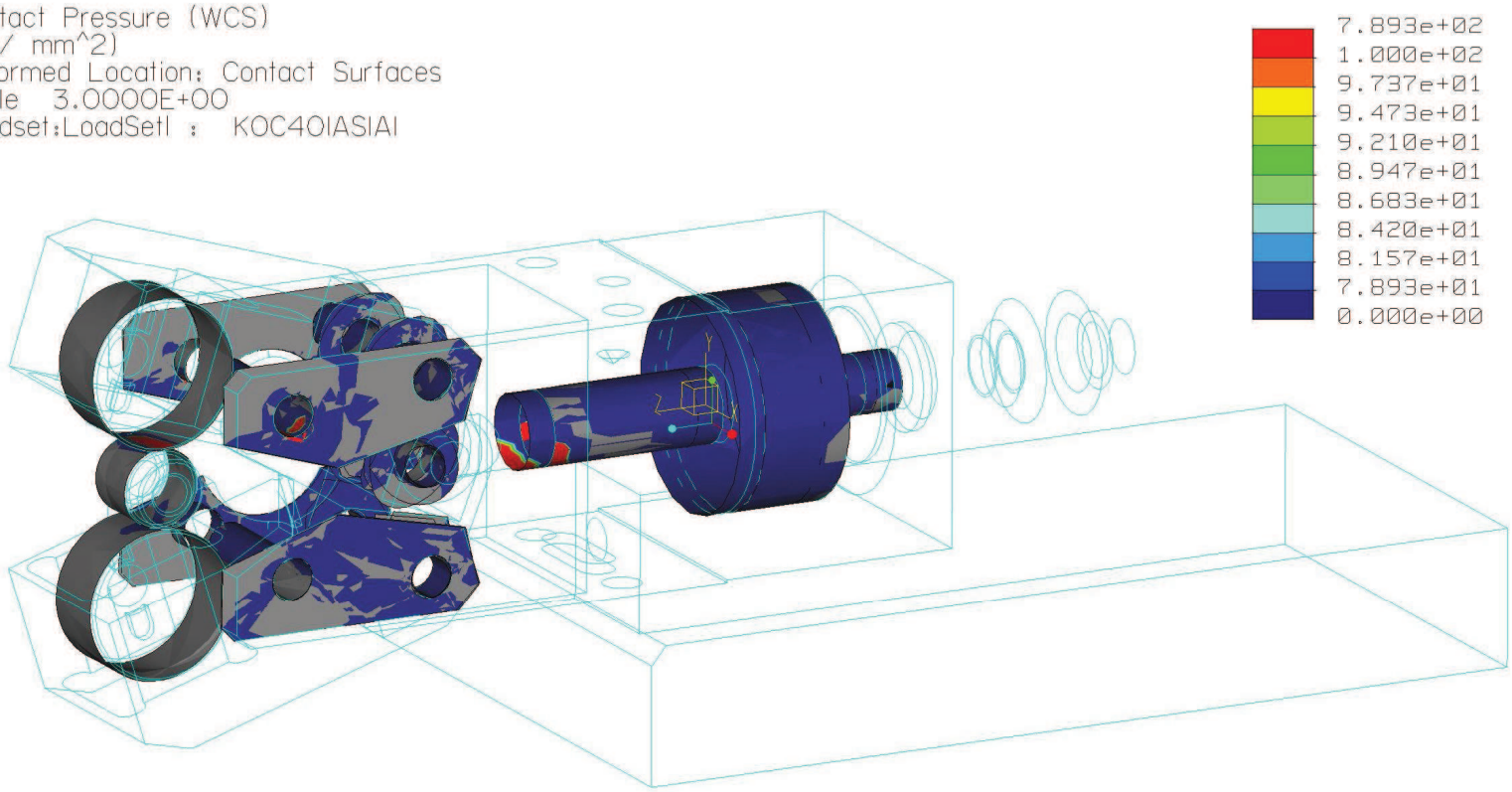
POZ.	NAZEV	KS	MATERIAL	POLOZKA	ROZMER BEZ PRIDAVKU	HMOTN.	POZNAMKA
16	DESKA	1	12050.0	KOC401A201C1		18.199	
15	CEP	1	12060.0 ZUSL.	KOC401A25E1		0.054	
14	CEP	2	12060.0 ZUSL.	KOC401A19E1		0.084	
13	CEP	2	12060.0 ZUSL.	KOC401A15E1		0.084	
12	CEP	2	12060.0 ZUSL.	KOC401A24E1		0.108	
11	KOTOUC P	1	19436	KOC401A21D1		0.331	
10	CELIST	1	12050.0ZUSL.	KOC401A14C1		1.939	
9	REDUKCE	1	11600.0	KOC401A200D1		0.077	
8	KOTOUC I	1	19436	KOC401A1D1		0.331	
7	CELIST	1	12050.0ZUSL.	KOC401A13C1		1.908	
6	TAHLO	1	14220.0 CEM.	KOC401A102E1		0.337	
5	TAHLO	1	14220.0 CEM.	KOC401A2E1		0.253	
4	MATICE	1	12050.0 ZUSL.	KOC401A6D1		0.312	
3	PIST	1	14220.3 CEM.	KOC401A5C1		1.566	
2	VALEC	1	12050.0 ZUSL.	KOC401A4B1		2.683	
1	VIDLICE	1	12050.0 ZUSL.	KOC401A3B1		4.494	

KONSTR. 27 04 11 SLOMEK	CISTA HMOTN. 32.932	TRIDA ODP.		
KONTROL.	POLOTOVAR MODEL/VYKOVEK			
VEDOUCI	MATERIAL			
REF.NORM.				
REF.MATER.				
CAD	HODNOTY NA HOTOVE SOUCASTI			
DILEN. VYKRES DATUM VYDANI	POVRCH.TVRDOST/PEVNOST	HL.VRSTVY		
PODPIS KONSTR.			C. ZMENY, ZN, D, M, R	PODPIS
ISO 2768-mH EN ISO 13920-BF	NAHRAZUJE C.V.		PODOBNE	
	MERITKO 33:100	SOUCAST VALCOVACI HLAVA		
	NAZEV STROJE	PRIPRAVEK		
	C.V. KOC401AS1A1	DILY 2	DIL 2	


B-B
M12X1.5-6H
12
28
80
B
A
19
45
35
70
88
4X∅11
44
∅0.3 A
6:5
90
A-A
∅20 H8
1.6
∅50
∅70 H8
0.4
2
65
3.2
POZ.
NAZEV
KS
MATERIAL
POLOZKA
ROZMER BEZ PRIDAVKU
HMOTN.
POZNAMKA
KONSTR. 20 04 11 SLOMEK
ČISTA HMOTN. 2.683
TRIDA ODP.
KONTROL.
POLOTOVAR MODEL/VYKOVEK
VEDOUCI
MATERIAL
12050.0 ZUSL.
REF.NORM.
REF.MATER.
CAD
HODNOTY NA HOTOVE SOUCASTI
DILEN. VYKRES
DATUM VYDANI
PODPIS KONSTR.
POVRCH.TVRDOST/PEVNOST
730± 50MPA
HL.VRSTVY
C. ZMENY
ZN
D
M
R
PODPIS
ISO 2768-mH
EN ISO 13920-BF
NAHRAZUJE C.V.
PODOBNE
MERITKO 1:1
SOUCAST
VALEC
NAZEV STROJE
PRIPRAVEK
C.V.
KOC401A4B1
DILY 1
DIL 1

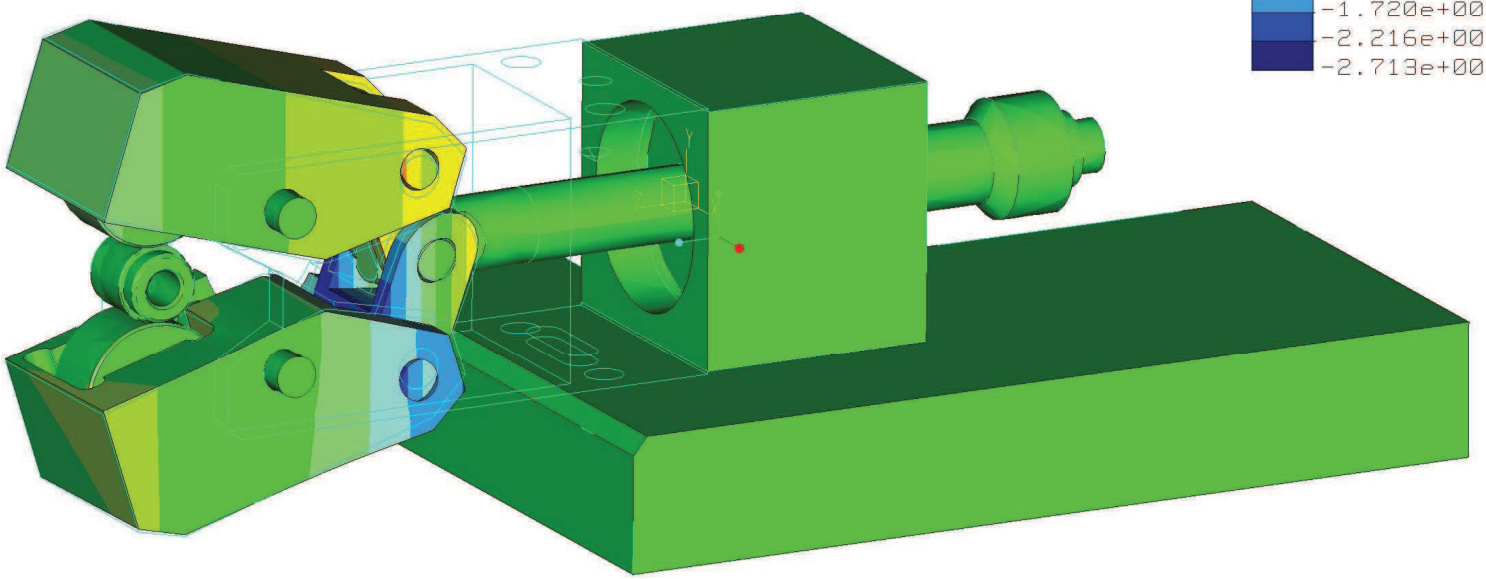


Contact Pressure (WCS)
(N / mm^2)
Deformed Location: Contact Surfaces
Scale 3.0000E+00
Loadset:LoadSet1 : KOC401AS1A1

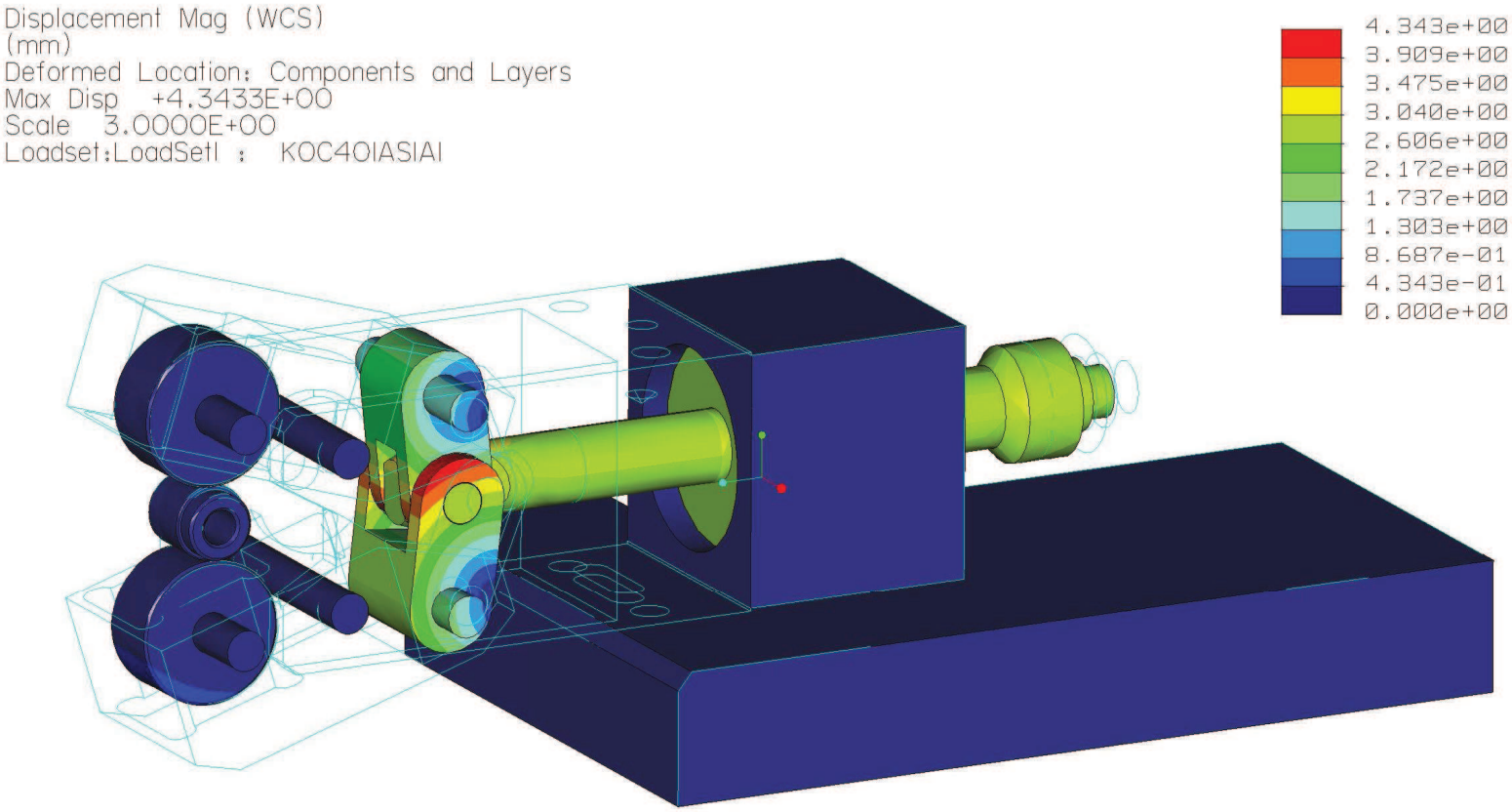


"Window1" - Valcovacka_2 - Valcovacka_2

Displacement Y (WCS)
(mm)
Deformed Location: Components and Layers
Max Disp +2.7126E+00
Scale 3.0000E+00
Loadset:LoadSet1 : KOC40IASIAI

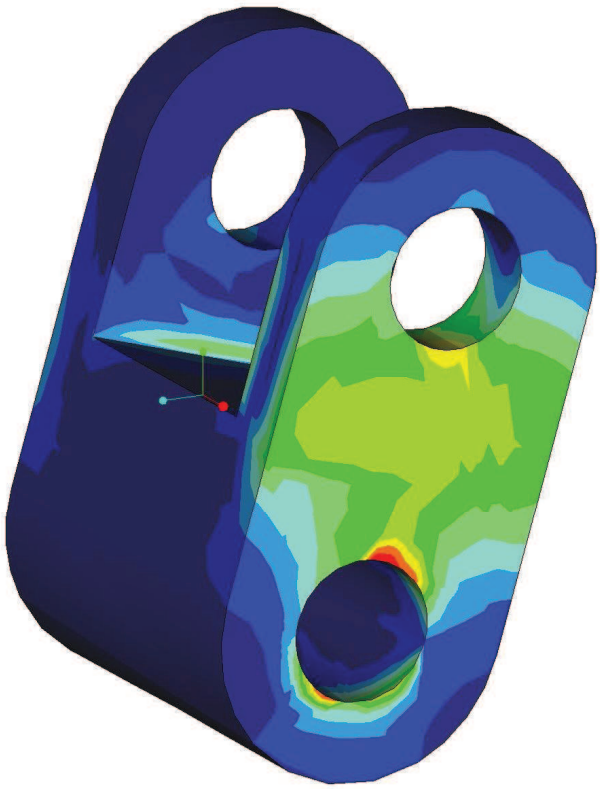


"Window1" - Valcovacka_2 - Valcovacka_2



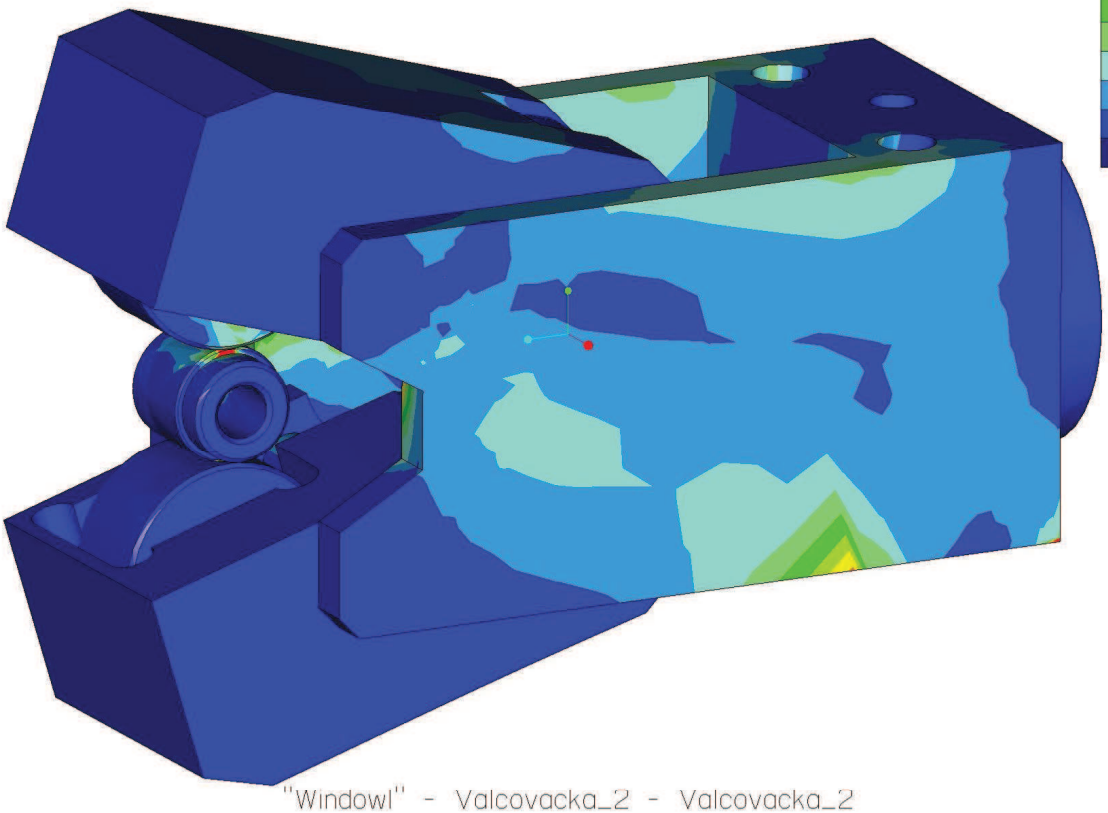
"Windowl" - Valcovacka_2 - Valcovacka_2

Stress von Mises (WCS)
(N / mm^2)
Deformed Location: Components and Layers
Scale 1.0000E+00
Loadset:LoadSet1 : KOC401AS1A1

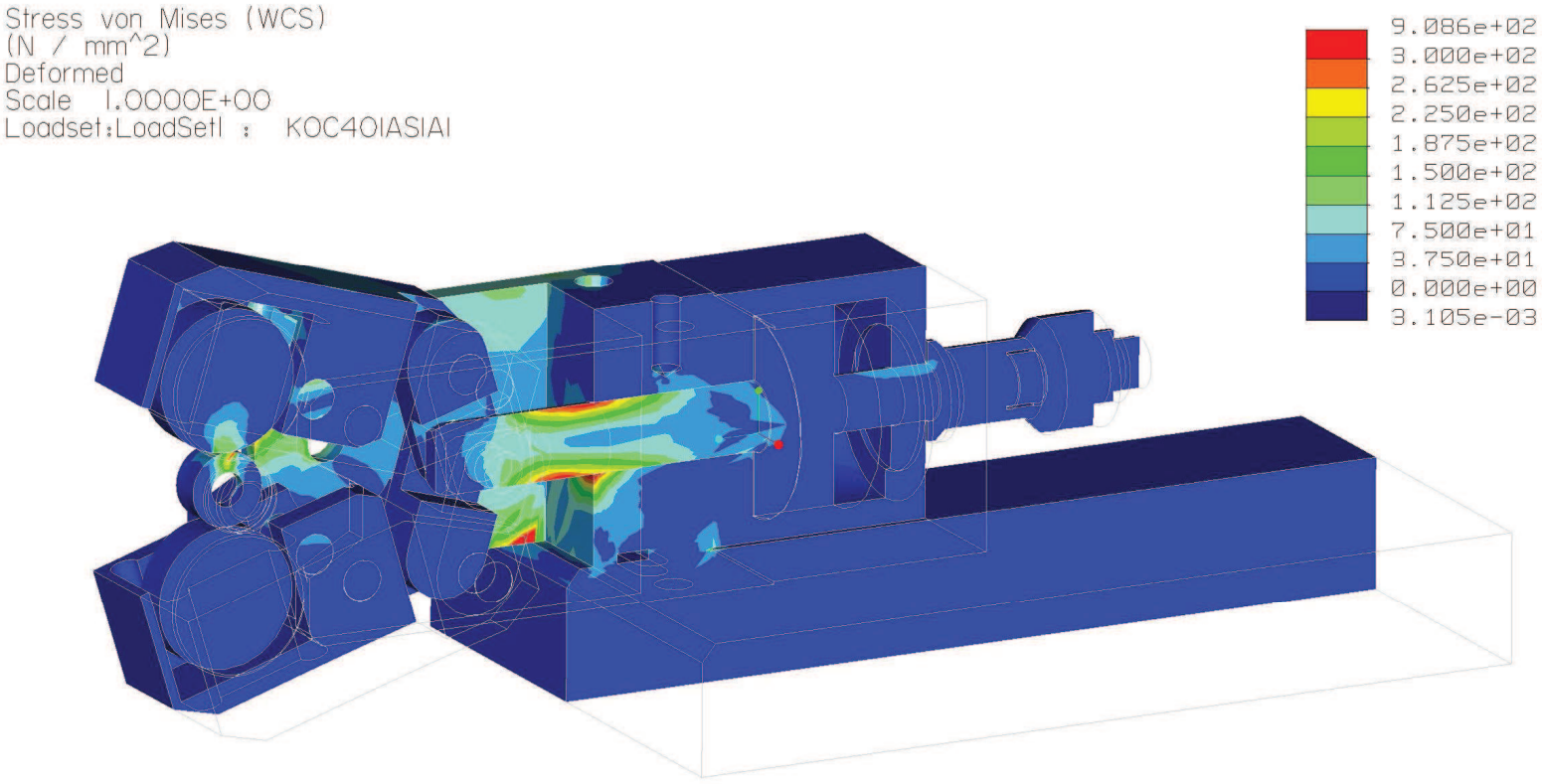


"Window1" - Valcovacka_2 - Valcovacka_2

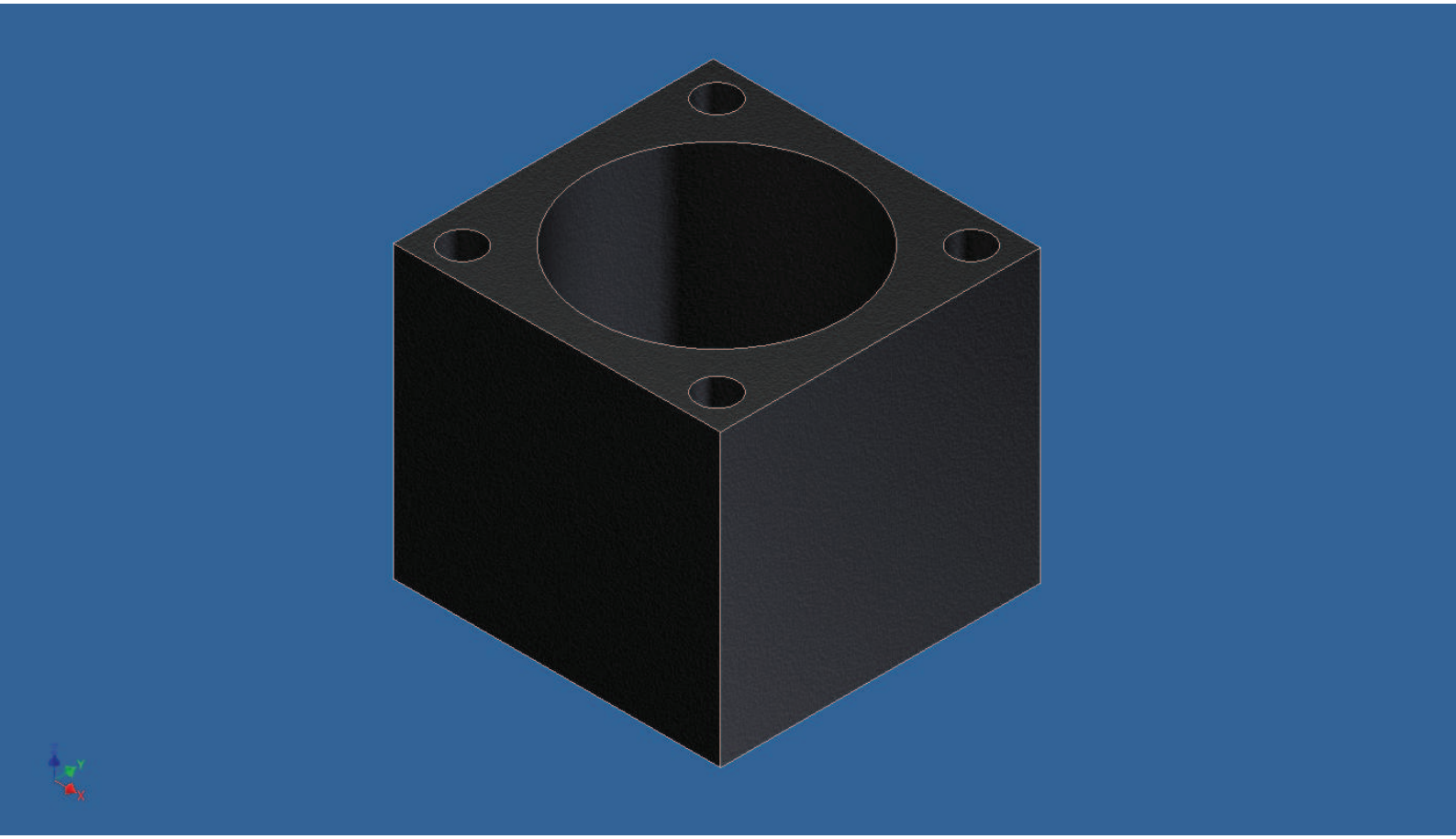
Stress von Mises (WCS)
(N / mm^2)
Deformed Location: Components and Layers
Scale 1.0000E+00
Loadset:LoadSet1 : KOC401AS1A1



"Window1" - Valcovacka_2 - Valcovacka_2



"Window1" - Valcovacka_2 - Valcovacka_2



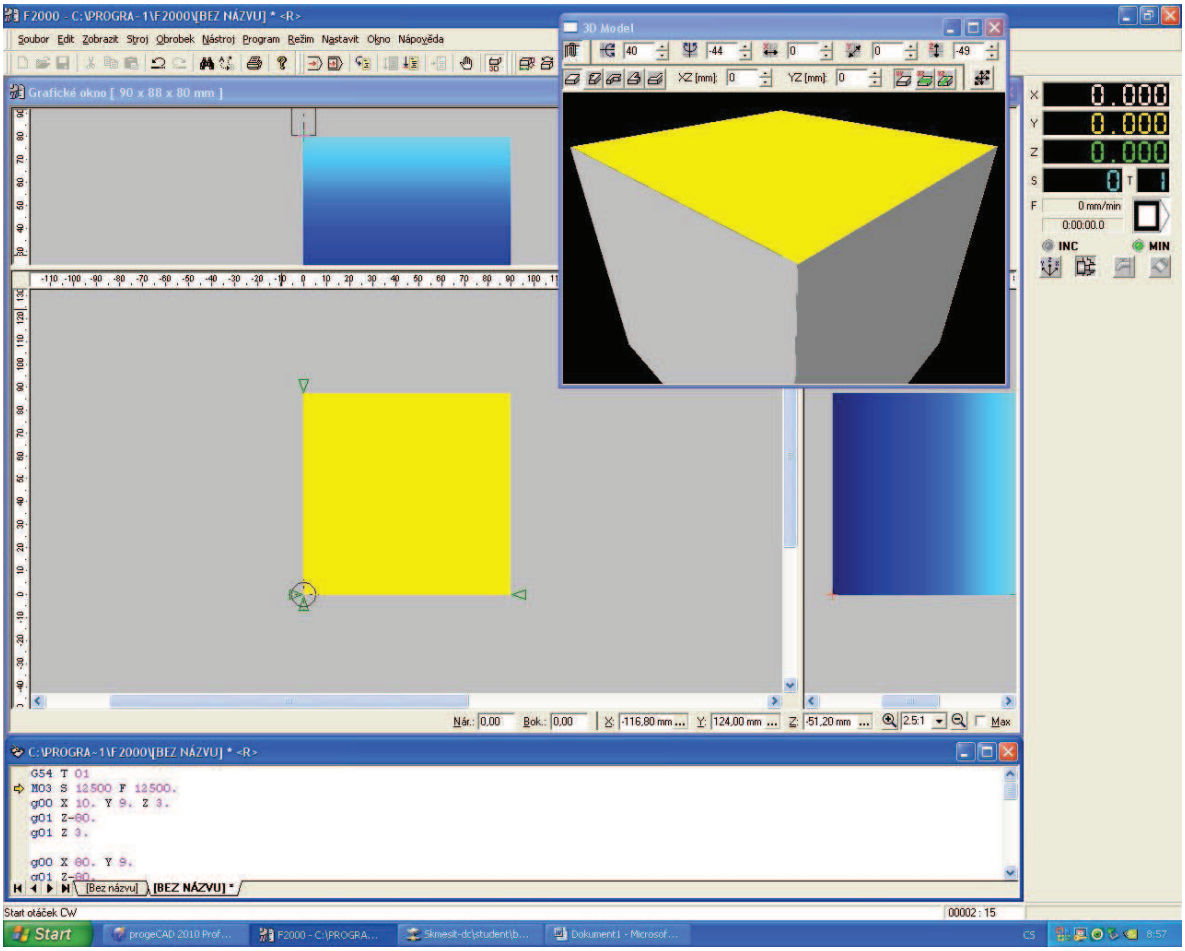
Program:

```
G54 T 01
M03 S 12500 F 12500.
g00 X 10. Y 9. Z 3.
g01 Z-80.
g01 Z 3.
g00 X 80. Y 9.
g01 Z-80.
g01 Z 3.
g00 X 80. Y 79.
g01 Z-80.
g01 Z 3.
g00 X 10. Y 79.
g01 Z-80.
g01 Z 3.
m06 T 02
g00 X 45. Y 44.
g01 Z-80.
g01 Z 3.
m06 T 03
g00 X 45. Y 44.
g01 Z-67.
g01 Z 3.
m06 T 04
g00 X 45. Y 44.
g01 Z-65.
g01 Z 3.
g00 X 200. Y 200.
m30
```

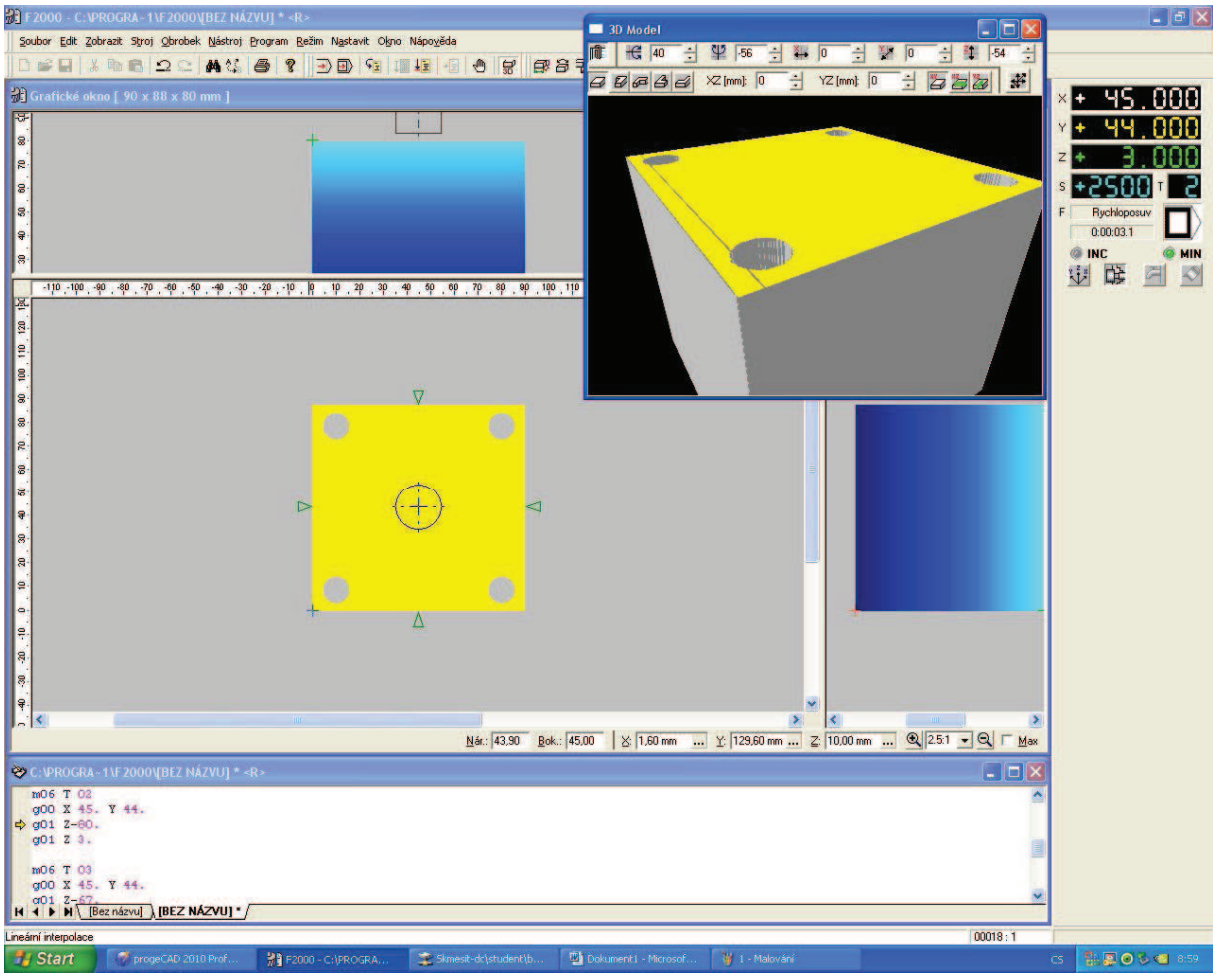
Nástrojový list:

Fréza průměr 11 mm
Fréza průměr 20 mm
Fréza průměr 50 mm
Fréza průměr 70 mm

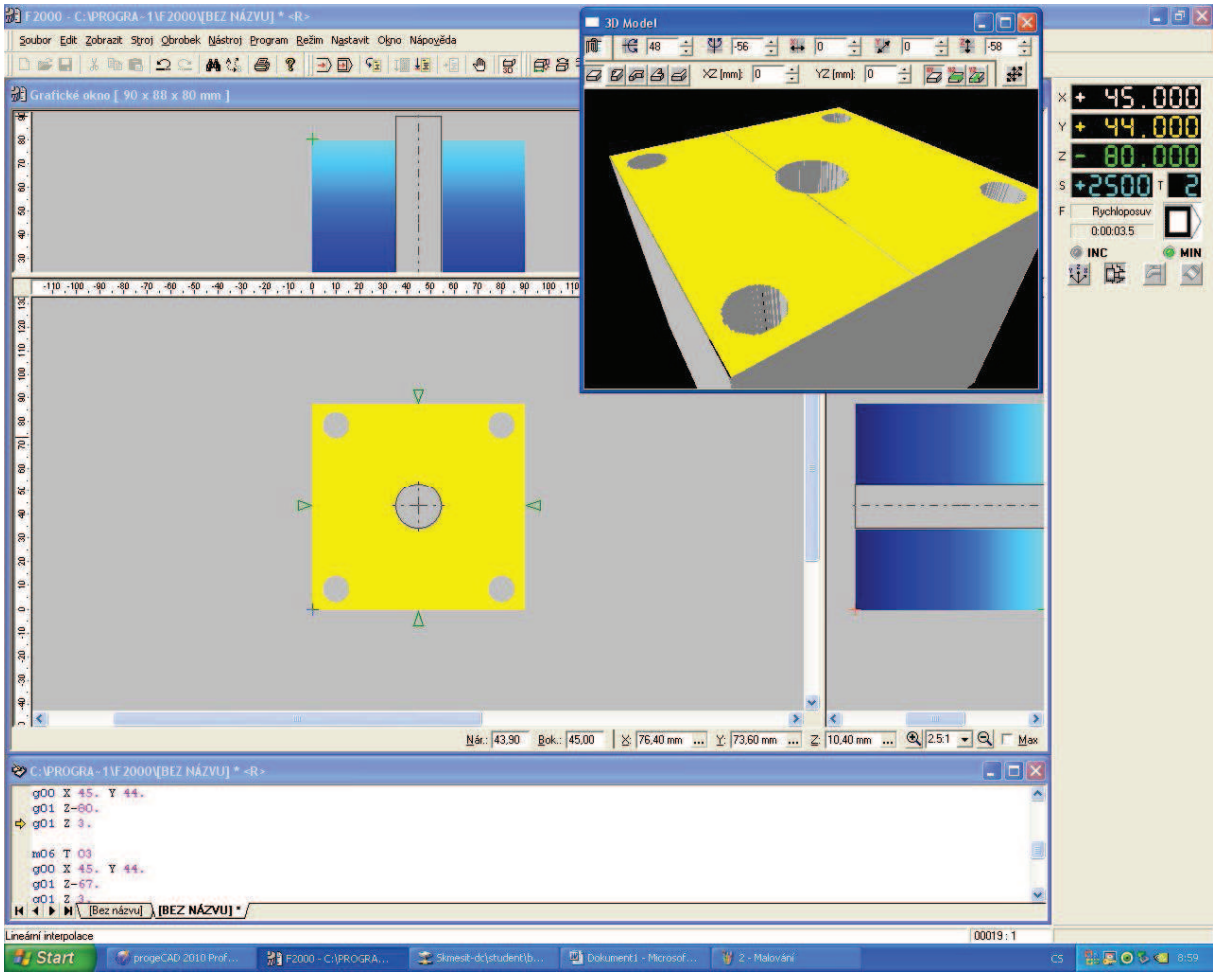
Před začátkem obráběcího procesu:



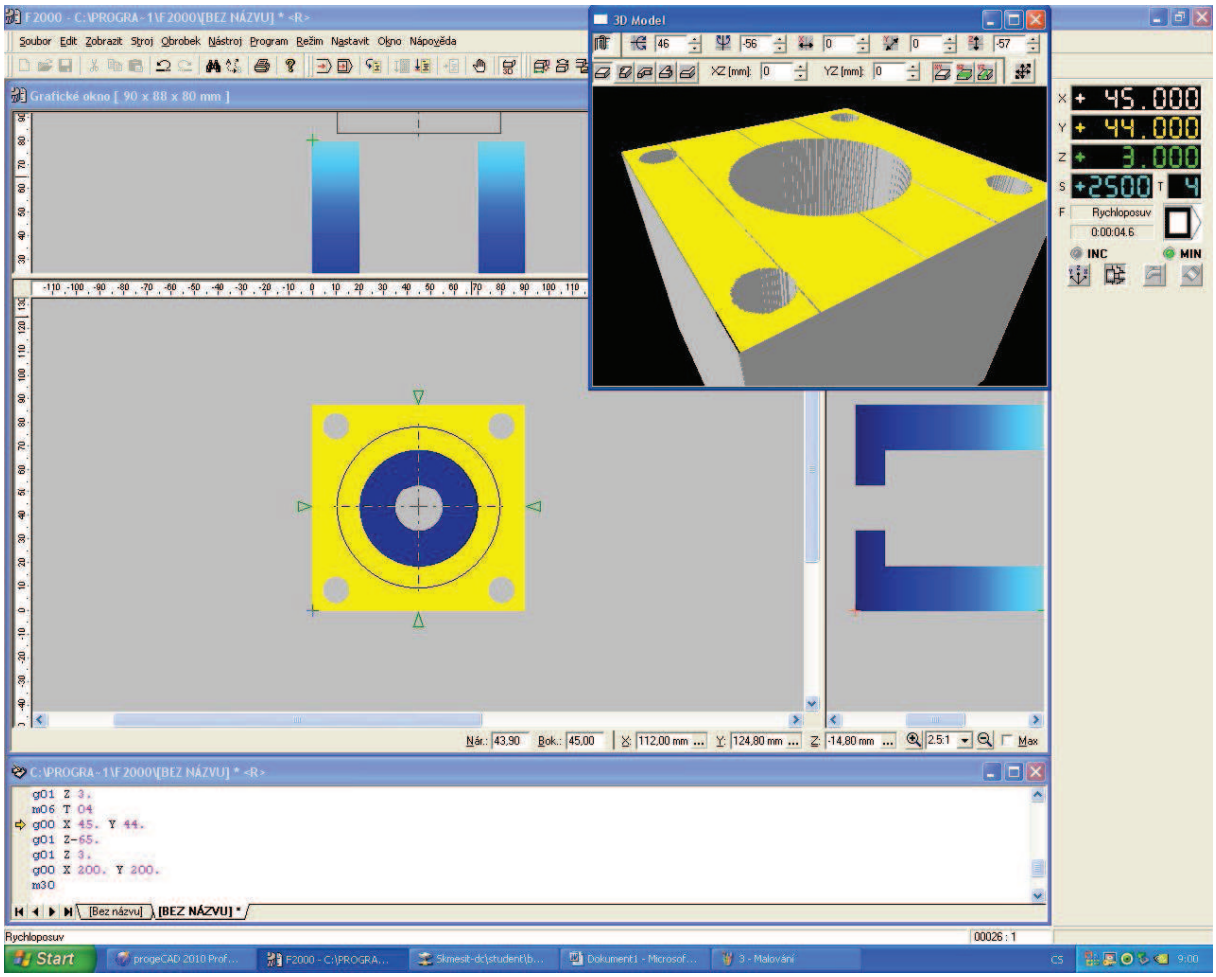
Během obráběcího procesu – nástroj je zavolán nad střed obrobku, následně proběhne vytvoření průchozího otvoru průměru 20 mm:



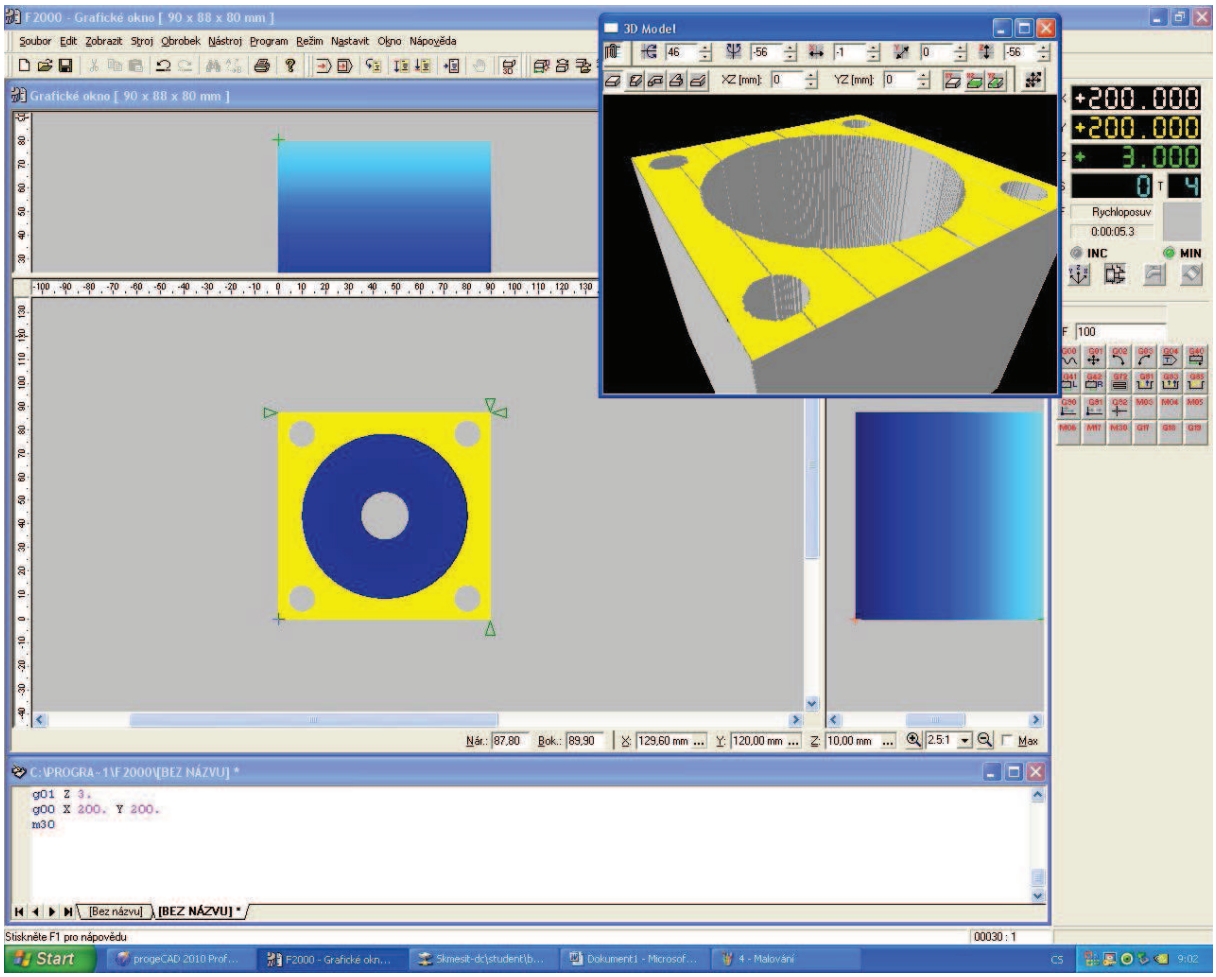
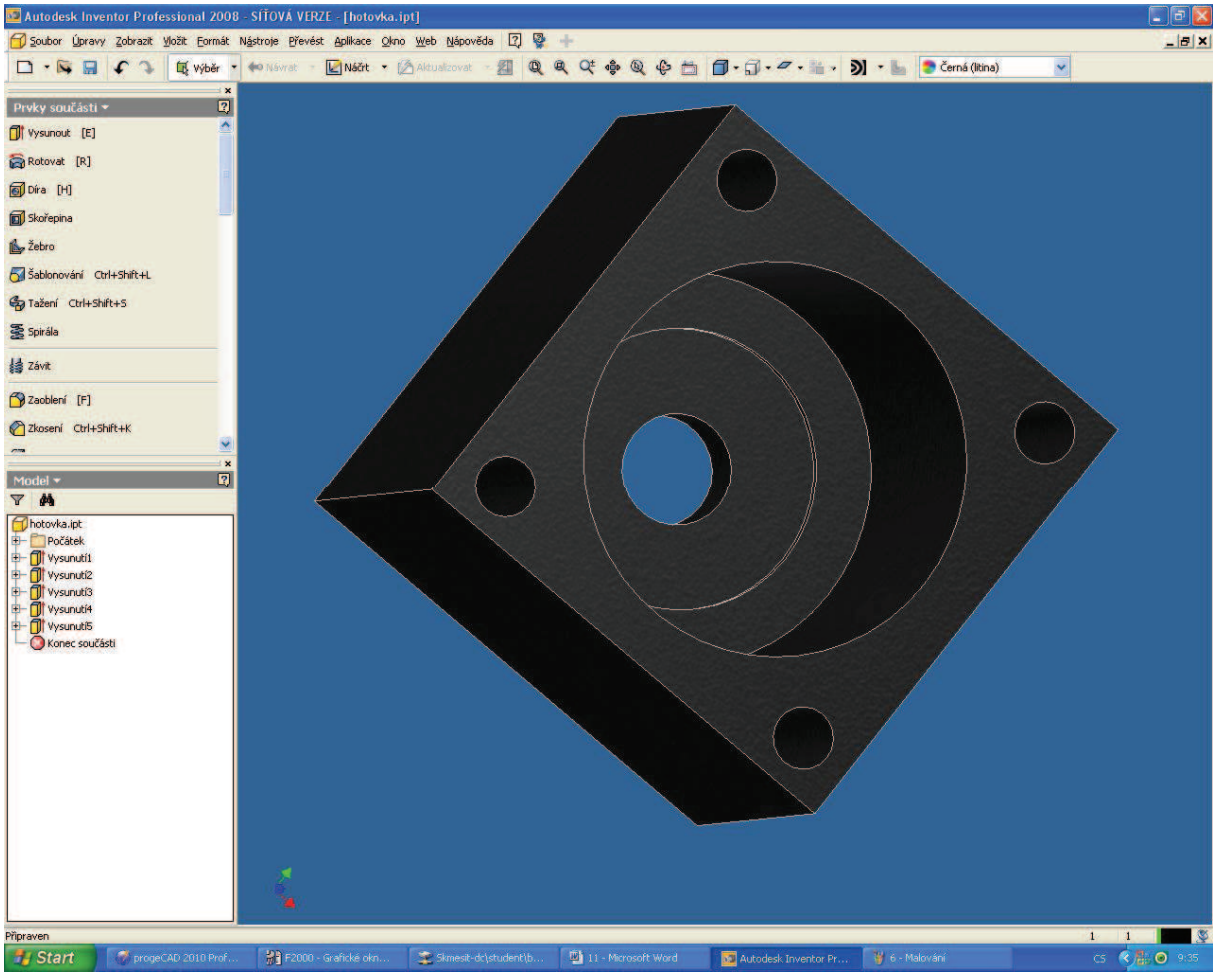
Po vytvoření průchozí díry průměru 20 mm, nástroj je umístěn v díře:



Nástroj o průměru 70 mm je zavolán na střed obrobku, kde proběhne vytváření otvoru do hloubky 65 mm – jedná se o poslední operaci:



Takhle vypadá finální produkt v grafické podobě tvořený v programu Eltek F2000:



3D model součásti: