

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra

Školní rok: 1991/92

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro Jiřího K u b á č e

obor Stroje a zařízení pro chemický, potravinářský
a spotřební průmysl

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 172/1990 Sb. o vysokých školách určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: Parametrizovaný návrh tvaru výrobku
a sklářské formy v CAD systému

Zásady pro vypracování:

Ve sklářské výrobě se objevuje velká škála podobných výrobků, pro které je nutné zpracovávat jednotlivě dokumentaci. Současné systémy CAD umožňují usnadnění tohoto procesu pomocí parametrizovaného návrhu.

Vaším úkolem bude:

1. Vytvoření vzoru výkresu výrobku a formy z předložené dokumentace pomocí CAD systému fy Pafec.
2. Vytypovat vhodné rozměry pro parametrizaci.
3. Vytvořit systém automatizovaného kótování pro parametrizované tvary.
4. Ověřit navržený systém parametrizace na konkrétním tvaru výrobku.

Podmínkou pro udělení KZ za zimní semestr je zpracování bodů 1. a 2. zadání.

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ
Ostrava
STROJNÍ KATEDRA
17. 12. 1991

KSK/SK

V 170/923

Rozsah grafických prací: cca 40 - 50 stran textu doplněného
příslušnými obrázky, grafy, výpočty
Rozsah průvodní zprávy: a výkresovou dokumentací
Seznam odborné literatury:

- /1/ Dokumentace ke grafickému systému CAD
- /2/ Výkresová dokumentace sklářských výrobků a forem
- /3/ BACHTÍK, S.: Diplomová práce VŠST Liberec 1989

Vedoucí diplomové práce: Ing. Pavel Jirman
Konzultant: Ing. Ivo Matoušek

Zadání diplomové práce: 31. 10. 1991
Termín odevzdání diplomové práce: 29. 5. 1992



Vedoucí katedry
Doc. Ing. Vladimír Klebsa, CSc.

Děkan
Prof. Ing. Jaroslav Exner, CSc.

V Liberci

dne 31. 10 1991

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ

Fakulta strojní

Obor 23 - 21 - 8

Stroje a zařízení pro chemický, potravinářský a spotřební
průmysl

Zaměření

Sklářské a keramické stroje

Katedra sklářských a keramických strojů

NÁZEV DIPLOMOVÉ PRÁCE

Parametrizovaný návrh tvaru výrobku
a sklářské formy v CAD systému

Kubáč Jiří

DP 205/92

Vedoucí práce: Ing. Pavel Jirman , VŠST Liberec

Konzultant: Ing. Ivo Matoušek , VŠST Liberec

Rozsah práce : 53

Počet stran : 51

Počet příloh a tabulek : 2

Počet obrázků : 24

Počet výkresů : 1

Počet modelů :

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI

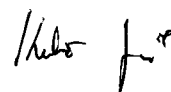


3146076562

21. 5. 1992

Místopřísežně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval
samostatně s použitím uvedené literatury.

V Liberci dne 21. 5. 1992



Jiří Kubáč

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce

ing. Pavlu Jirmanovi

za odborné vedení a pomoc při vypracování diplomové práce, dále
děkuji konzultantu ing. Ivo Matouškovi za cenné rady a
připomínky.

Obsah

Úvod	8
1. Využití CAD systémů	9
1.1. Obecné vlastnosti systému CAD	11
2. Soubor softwaru firmy PAFEC	11
2.1. Použití grafických modulů DOGS a DOGS 3D ...	11
2.2. Možnosti grafického modulu SWANS	13
2.3. Možnosti grafického modulu BOXER	13
2.4. DOGS NC	14
3. Možnosti parametrizace v grafických modulech DOGS a DOGS 3D	14
4. Komunikace s grafickým modulem DOGS	15
5. Metoda postupu tvorby parametrizace modelů těles	17
5.1. Konkrétní příklad na vytvoření misky a formy	19
5.1.1. Princip vytvoření misky	19
5.1.2. Postup parametrizace tvaru formy	23
5.1.3. Postup parametrizace kroužku	32
5.1.4. Postup parametrizace dna formy	32
5.1.5. Postup parametrizace jádra	32

5.1.6. Postup parametrizace elektrody	42
5.1.7. Zhodnocení práce s DOGS a DOGS 3D	46
6. Zhodnocení možností parametrizace a ekonomický efekt integrovaném CAD systému	47
7. Závěr	49
8. Seznam obrázků a příloh	50
9. Použitá literatura	51

Seznam zkratek

2D	dvoudimenzionální
3D	třidimenzionální
CAD	/Computer Aided Design/ Návrh pomocí počítače
CAM	/Computer Aided Manufacturing/ Výroba pomocí počítače
NC	/Numerical Control/ Numericky řízený
MKP	Metoda Konečných Prvků

Úvod

Oblast konstrukce zaujímá v průměru 35 - 50 % průběžné doby, která uplyne od nápadu ke zhotovení výrobku, a připadá na ni značná část nákladů. Výsledky konstrukční činnosti - tedy kvalita řešení, volba materiálu, tvar a rozměry předurčují výrobní náklady z více než dvou třetin. Proto také z celkových prostředků věnovaných v průmyslově vyspělých zemích na uplatnění elektroniky připadá asi 21 - 25 % nákladů na vytváření a zavádění systémů pro automatizaci předvýrobních etap.

V současné době, kdy ceny počítačů a jejich programového vybavení se dostaly do nižších cenových relací, dochází k nasazování počítačů a jejich využití při konstruování a projektování. Pod pojmem "konstruování" si přitom můžeme představit prakticky cokoliv - od konstrukce strojních součástí a karosérií automobilů, přes architekturu budov a celých sídlišť, až po návrh nábytku a průmyslových předmětů.

Pro tuto oblast nasazení počítačů se v zahraničí užila zkratka CAD (Computer Aided Design - doslova "Návrh pomocí počítače").

Počítače zatím neautomatizují práci konstruktéra, architekta či designéra, ale zvyšují jeho produktivitu tím, že mu ulehčují ruční činnosti, jakými jsou kreslení technických výkresů a perspektivních pohledů, vytváření modelů a prototypů či provádění technických výpočtů, konstruktér se pak může plně soustředit na vlastní tvůrčí práci.

1. Využití CAD systémů

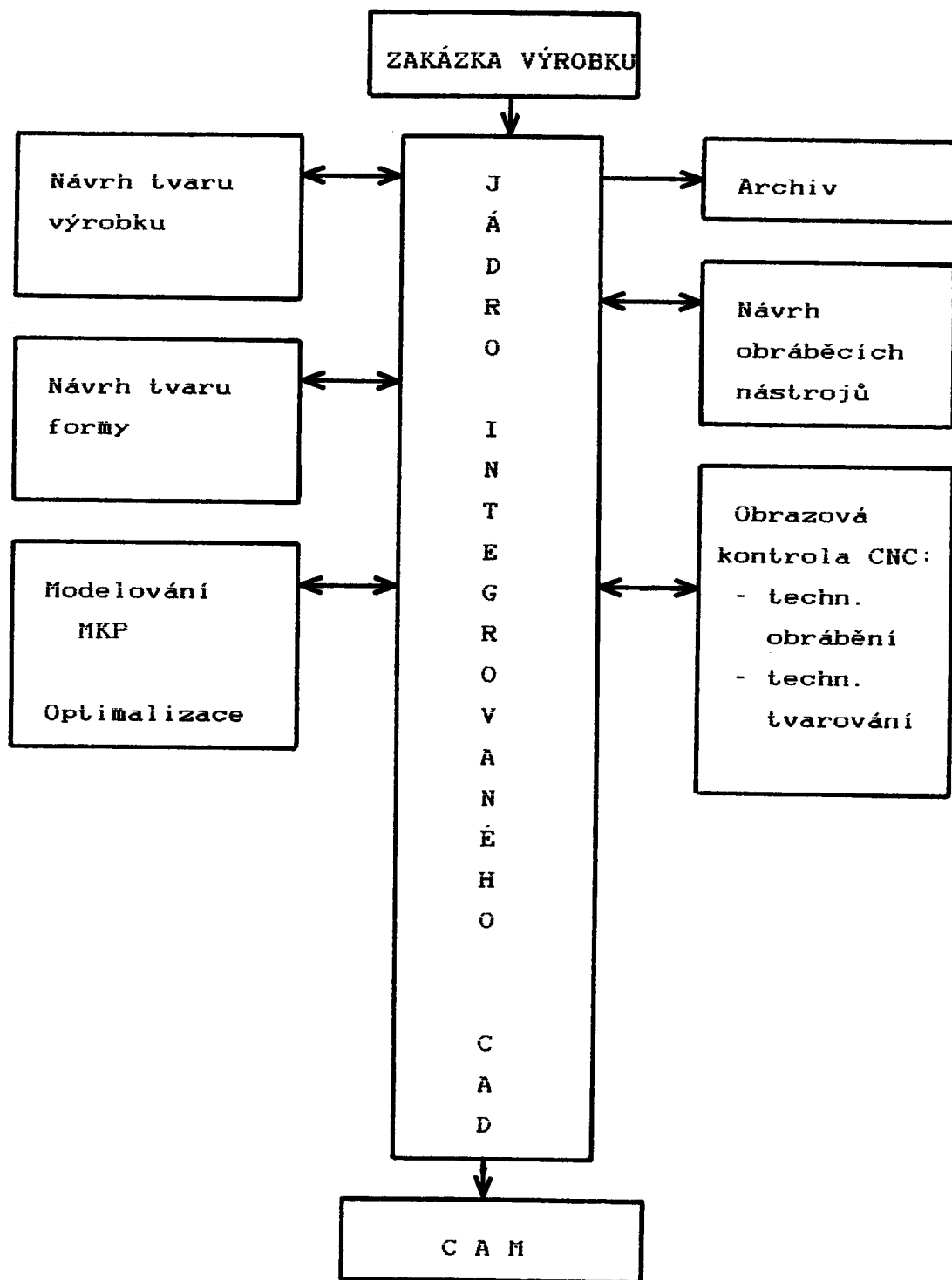
Požadavek využití systémů CAD pro navrhování s pomocí počítače ve sklářském průmyslu vyvstává zejména se vzrůstajícími požadavky spotřebitelů na kvalitu, rozmanitost sortimentu sklářských výrobků. S tím se stupňují i požadavky na urychlení inovační schopnosti, zefektivnění výroby a zvýšení exportu schopnosti výrobků. Dnes již řada světových výrobců přešla na navrhování a konstruování s pomocí počítače. Přestože je trend zavádění počítačů, u nás se však podobné projekty zatím prosazují pouze v omezené míře. Většina uživatelů používá zatím pouze "čistého CAD", při kterém je návrh výrobku umisťován do daného polotovaru formy a poté jsou zpracována data pro zpracování forem na NC strojích v CAM.

Současná úroveň výpočetní techniky, zejména možnost využití 32 bitových pracovních stanic (Workstation), umožňuje však tento čistý CAD rozšířit na tzv. "integrovaný CAD", který zahrnuje zobrazení, výpočty, optimalizace konstrukce i simulaci výroby. Konečným výstupem integrovaného CAD je návaznost na CAM, tedy vypracování výstupů pro NC stroje a s pomocí výstupního rozhraní přímo vytváření programů pro NC stroje v standartizovaném jazyce jakým je APT 10. Takový systém je ukázán na obr.1.

Základem integrovaného CAD je jednotná datová základna, ze které lze získat všechny informace pro návrháře, konstruktéra, řídicího pracovníka, technologa a výrobního dělníka.

Určujícím a dominantním prvkem ovlivňujícím uspořádání datové základny je návrh výrobku. Tento návrh provádí návrhář nebo konstruktér podle možností daného systému. Provedený návrh je přímo uložen v digitální formě prostorového tvaru v databázi, takže odpadá komplikovaná a nepřesná digitalizace tvaru.

Velmi důležitá vlastnost prostorového návrhu spočívá v tom, že další následné konstrukční provedení výkresů odvozuje jednotlivé pohledy z prostorového tvaru, které je též možno vlivem přesné digitální podoby přesně okótovat. Výrobek lze kdykoli vyvolat na obrazovku a zkontrolovat kterékoli prostorové souřadnice.



Obr.1 Integrovaný CAD systém navrhování, modelování a optimalizace sklářských lisovacích forem

1.1 Obecné vlastnosti systémů CAD

CAD systémy mají některé společné rysy. Je to především interaktivní ovládání prostřednictvím příkazového jazyka a menu, dále využívání vstupních grafických zařízení a výstupních kreslicích zařízeních /plotterů/. Nejčastěji užívanými jsou počítače kompatibilní s IBM /PC/XT/AT, rozsáhlejší systémy jsou provozovány na mikropočítačích a pracovních stanicích založených na 32 bitových mikroprocesech /Apollo/.

V ostatních rysech se systémy navzájem liší, nejběžnější rozdělení je na systémy dvoudimenzionální /2D/ a na systémy třídímenzionální /3D/ podle toho, zda pracují v rovině nebo v prostoru.

2. Soubor software firmy PAFEC

Tento software firmy PAFEC je všeobecně použitelný soubor obsahující několik podsystémů. Základním souborem je 2D - DOGS. V návaznosti na DOGS mohou existovat a být využívány relativně samostatné systémy - DOGD 3D, BOXER umožňující vytvářet tříprostorové objemové modely, SWANS vytvářet povrchové modely, PAFEC -FE

pro zpracování metody konečných prvků a také DOGS -NC, umožňující přímý výstup na NC stroje.

2.1. Použití grafických modulů DOGS a DOGS 3D

a/ DOGS je dvoudimenzionální kreslicí systém, jehož základní funkcí je tvorba výkresové dokumentace. Místo na kreslicím prkně sestavuje konstruktér výkres na obrazovce počítače. Oproti klasickému kreslení je zde však jedna podstatná výhoda: počítačem vytvořené kresby lze snadno modifikovat, opakovaně vykreslovat v libovolném měřítku, skladovat na magnetických médiích apod.

Základní funkce DOGSU 2D jsou:

- Různé způsoby zadávání bodů, úseček, kružnic a kruhových oblouků, případně jiných typů křivek.
- Volba barvy, tloušťky a typu čar /plná, čerchovaná, čárkovaná/,

velikosti, typu a sklonu písma.

- Geometrická transformace posunutí, otočení, zrcadlení, zvětšování a zmenšování, kopírování a mazání kresby.
- Zobrazení celé kresby nebo jen jejího výřezu /zoom/ na obrazovce.
- Automatické šrafování
- Poloautomatické kótování - stačí zadat, co a jak se má okótovat a odpovídající čáry a popisy vytvoří systém sám.
- Rozdělení kresby na vrstvy /layers/ a zobrazení, respektivě zpracování jen vybraných vrstev / například vytváříme-li sklářskou formu, můžeme do jedné vrstvy zakreslit formu, do druhé kótování, do třetí vlastní výrobek atp.

Přes všechny vlastnosti má DOGS systém jako všechny systémy jeden základní nedostatek. Pracuje pouze v rovině. Vytvoříme-li například nárys nějaké strojní součástky, systém ji nedokáže zobrazit v půdorysu nebo axonometrickém či perspektivním pohledu, ani nedokáže vypočítat její objem či těžiště. Z tohoto důvodu je 2D systém doplněn o 3D funkce, avšak jejich prostorové možnosti jsou stále velmi okleštěné.

b/ DOGS 3D je drátový modelář, který však umožňuje i opláštování roviny a základních rozvinutelných objektů, typu válce nebo kužele, jejich vzájemné syntézy nebo částí. Je plně kompatibilní s grafickým modulem DOGS, který je v podstatě jeho subsystémem. Vzájemná provázanost uvedených grafických programů umožňuje predefinování trojrozměrné součásti v DOGSU nebo naopak snadné překreslení trojrozměrné součásti v 3D nebo 2D, kde je možno kresbu dotvořit do podoby výkresové dokumentace.

DOGS 3D, jak již bylo výše uvedeno, je drátový modelář, vytvořený objekt je tedy popsán pouze svými hranami a jako takový neumožňuje tvorbu průnikových křivek. DOGS 3D zahrnuje ve své nabídce použití tzv. fixů, které kromě toho, že umožňují zafixování bodů, přímek či oblouků na dříve definované rovinné, válcové, kuželové nebo kulové ploše, mohou být za určitých okolností použity i k popisu průsečnic jednoduchých ploch.

V grafickém modulu v DOGS 3D stejně jako v modulu DOGS je umožněna tvorba efektivních projekcí za pomoci parametrických symbolů.

Značnou nevýhodou modulu DOGS 3D, která výrazně omezuje jeho použitelnost ve sklářském průmyslu je, že nedovede vytvářet obecné prostorové křivky, nepracuje s objevy ani nevytváří průniky ploch a nedovede vytvářet zborcené plochy. Velkou

nevýhodou jsou také značné časové nároky při vykreslování. Tato skutečnost pravděpodobně padá na vrub použitelnému překladači, neboť k přeložení zdrojových programů bylo asi použito překladače nižšího vývojového typu.

2.2. Možnosti grafického modulu SWANS

Software firmy PAFEC Ltd. Nottingham obsahuje kromě 2D a drátového modeláře DOGS 3D i další grafické moduly, mezi které patří i plošný modelář SWANS /Surface model/.

Objekt je popsán pomocí svého povrchu, který je složen z několika navazujících hladkých ploch. Systémy založené na tomto typu našly velké uplatnění v automobilovém, leteckém a lodářském průmyslu.

Práce s nimi je následující:

Návrhář určí nahrubo požadovaný tvar plochy, například pomocí soustavy řezů nebo prostorové sítě bodů, které leží v ploše nebo blízko ní. Systém z těchto informací vytvoří hladkou plochu a zobrazí ji v libovolném pohledu na obrazovce počítače. Návrhář pak podle získaného tvaru plochu popravuje tím, že interaktivně mění souřadnice některých vrcholů či řezů tak dlouho, až je s výsledným efektem spokojen. Hotovou plochu lze použít k různým výpočtům a k automatické tvorbě pásy pro NC stroje.

2.3. Možnosti grafického modulu BOXER

Dalším grafickým modulem firmy PAFEC je objemový modelář /solid model/. Na rozdíl od předchozích typů modelů tento jediný jednoznačně definuje těleso, tj. skutečný objekt v reálném světě, protože určuje jeho povrch i část prostorů, kterou těleso zaujímá.

Hlavním důvodem vedoucím k nasazování objemových modelů je potřeba věrná reprezentace prostorových objektů a dále pokrok v počítačové technologii, který dovoluje tyto paměťové i výpočtově náročné modely provozovat. Nejčastěji používanými počítači pro tento účel jsou grafické stanice založené na 32 bitových mikroprocesorech.

Co systémy pro modelování těles /solid modellers/ obvykle nabízejí?

- Jednotnou datovou strukturu pro reprezentaci modelovaných objektů.

- Operace pro vytváření a modifikaci modelu.
- Perspektivní a axonometrické promítání modelů obvykle s možností odtržení neviditelných hran, případně vytváření barevných stínovaných obrázků.
- Geometrické transformace.
- Automatický výpočet integrálních charakteristik těles, například objemu a těžiště.

V posledních letech se objemové modely stávají jádrem nejvyspělejších 3D CAD systémů. Tvoří základní reprezentaci objektů systému, na kterou zdola navazuje 2D kreslicí systém a shora postprocesory, využívající vytvořených modelů k pevnostním výpočtům, k automatizované tvorbě programů pro NC stroje, aj.

2.4. DOGS NC

DOGS NC je interaktivní NC systém dovolující návrhářovi přeměnit vytvořený model na konkrétní výrobek. DOGS NC poskytuje prostředky pro programování soustružení, frézování a vrtání CNC strojů.

Systém obsahuje nástrojovou knihovnu a knihovnu povelů na pomoc pro zapamatování geometrie a pořadí vytváření.

V DOGS NC je obsažen DOGS NC interface /rozhraní/, dovolující uživateli indikovat celou vytvářenou geometrii pomocí vytvořeného modelu v DOGS 3D, SWANS nebo BOXERU. K indikaci je využito grafického kurzoru a vstupy zahrnující útvary, které je možno definovat body, hranicemi, čarami, kružnicemi a všemi přidruženými geometrickými elementy.

3. Možnosti parametrizace v grafických modulech DOGS a DOGS 3D

Parametrizace se používá především na výkresech, kde se často opakují normalizované druhy, značky i jiné části. DOGS a DOGS 3D obsahují subventu "symbol", které nabízí možnost z opakujících se prvků vytvářet tzv. symboly a tyto opětovně podle potřeby vyvolávat na výkresech.

Symboly, které jsou uloženy v knihovně veřejné /public/, jsou dostupné všem uživatelům. Symboly definované uživatelem pro svoji vlastní potřebu v soukromé, nebo-li privátní knihovně jsou

přístupné pouze z directory, v nichž byly vytvořeny.

Při vyvolávání na výkrese se mohou symboly chovat různým způsobem a to v závislosti na typu, který při definování byl zvolen či později předdefinován. V zásadě se mohou zobrazovat buď vždy ve stejném tvaru a rozměrech nebo mohou být rozměry i tvar proporcionálně proměnné v závislosti na volbě klíčových bodů.

Zvláštní místo mezi symboly zaujímají tzv. parametrické symboly, které umožňují změnu rozměrů, případně tvaru v širokých mezích a to bez nutnosti zachování proportionality v definovaných směrech.

V aplikačním modulu DOGS mohou být parametrické symboly vytvořeny dvěma následujícími způsoby:

a/ graficky

Grafická parametrizace v podstatě spočívá ve vytvoření obrázku, který je popsán obecnými kótami. Při vykreslování se parametrický symbol zobrazí v aktuálních hodnotách, které jsou přiřazeny obecným kótám.

b/ textovou parametrizací

Textová parametrizace je v podstatě určitou posloupností příkazů interního jazyka DOGS. Vyvolání daného parametrického symbolu způsobí postupné vykonání příkazů tak, jako by je uživatel prováděl v interaktivním režimu. Součástí tohoto typu parametrických symbolů mohou být také vědeckotechnické výpočty, komunikace mezi uživatelem a programem, přiřazování číselných hodnot či textu, příkazy skoku a operace se symboly. Textová parametrizace je jediným způsobem jak provádět parametrizaci ve 3D. Parametrizaci je možno provádět v textovém editoru operačního systému s využitím multitaskingu, ve smyslu práce ve dvou okresech /procesech/, nebo v editoru DOGS.

4. Komunikace s grafickým modulem DOGS

Základním komunikačním prostředkem mezi grafickým modulem DOGS a uživatelem je křížový kurzor. Je ovládaný myší, digitizérem nebo světelným perem.

Křížový kurzor se používá k zadávání polohy bodů na kreslicí ploše nebo k volbě funkcí menu, zobrazeného na obrazovce. Poloha kurzoru se zadává stisknutím mezerníku, klávesy nebo levého

tlačítko na myši.

Jestliže na výkresu už existují prvky, které chceme využít pro určení polohy kurzoru /například průsečíky čar, středy oblouků/, není nutné zadat polohu kurzoru absolutně přesně. DOGS prohledává okolí označeného bodu a jestliže zde nalezne prvek, vztáhne polohu kurzoru k tomuto prvku.

Každá stanice umožňuje komunikovat s programem DOGS pomocí klávesnice. Jestliže DOGS očekává zadání informace z klávesnice, křížový kurzor není na obrazovce zobrazen. Zadávaná informace se zobrazí v dolní části obrazovky. Je také možné kombinovat zadávání /například bodů/ pomocí klávesnice a kurzoru.

MASTER MENU

MASTER MENU nabízí seznam činností, jejich použití Vám poskytuje DOGS - můžete vytvářet nové výkresy, předělávat staré výkresy, vytvářet soubory pro zapisovač, hledat v archivu atd.

Uživatel volí funkce MASTER MENU tak, že označí název zvolené funkce kurzorem a stiskne mezerník nebo levé tlačítko na myši.

INITIALIZE MENU

Vždy, když vytváříte nový výkres, se na začátku zobrazí úvodní INITIALIZE MENU. Umožňuje zvolit velikost kreslicí plochy, jednotky, překreslení, volbu měřítka apod. Uživatel volí funkce tak, že označí název zvolené funkce kurzorem a stiskne mezerník nebo levé tlačítko na myši.

DOGS DRAWING MENU

DRAWING MENU umožňuje uživateli vybírat z velkého množství funkcí bez nutnosti psát příkazy, kterým počítač rozumí.

Funkce, které jsou vytištěny na kartě PAGE-1 na žlutém podkladu, jsou výkonné funkce, ostatní jsou nevýkonné. Jestliže zvolíte výkonnou funkci můžete pak zvolit několik nevýkonných funkcí, ale zůstáváte stále ve stejné výkonné funkci, takže není nutné ji zvolit znovu. Funkce, které jsou vytištěny na oranžovém

podkladě, jsou tzv. DEFAULT, nebo-li standard. Tyto funkce jsou nastaveny při spuštění programu DOGS.

DRAWING MENU je možné používat dvěma způsoby. Buď je možné ustavit menu na tablet nebo digitizer, nebo používat menu zobrazené na obrazovce.

5. Metoda postupu tvorby parametrizace modelů těles

Za účelem tvorby parametrizace v oblasti sklářských výrobků byla vybrána miska č. 24118 a její komplexní výkresová dokumentace zahrnující /formu, jádro, kroužek, vytvářející elektrodu a dno formy/. Na tomto výrobku lze s výhodou provést parametrizaci, neboť v praxi existuje značná škála různých tvarů a dezénů misek.

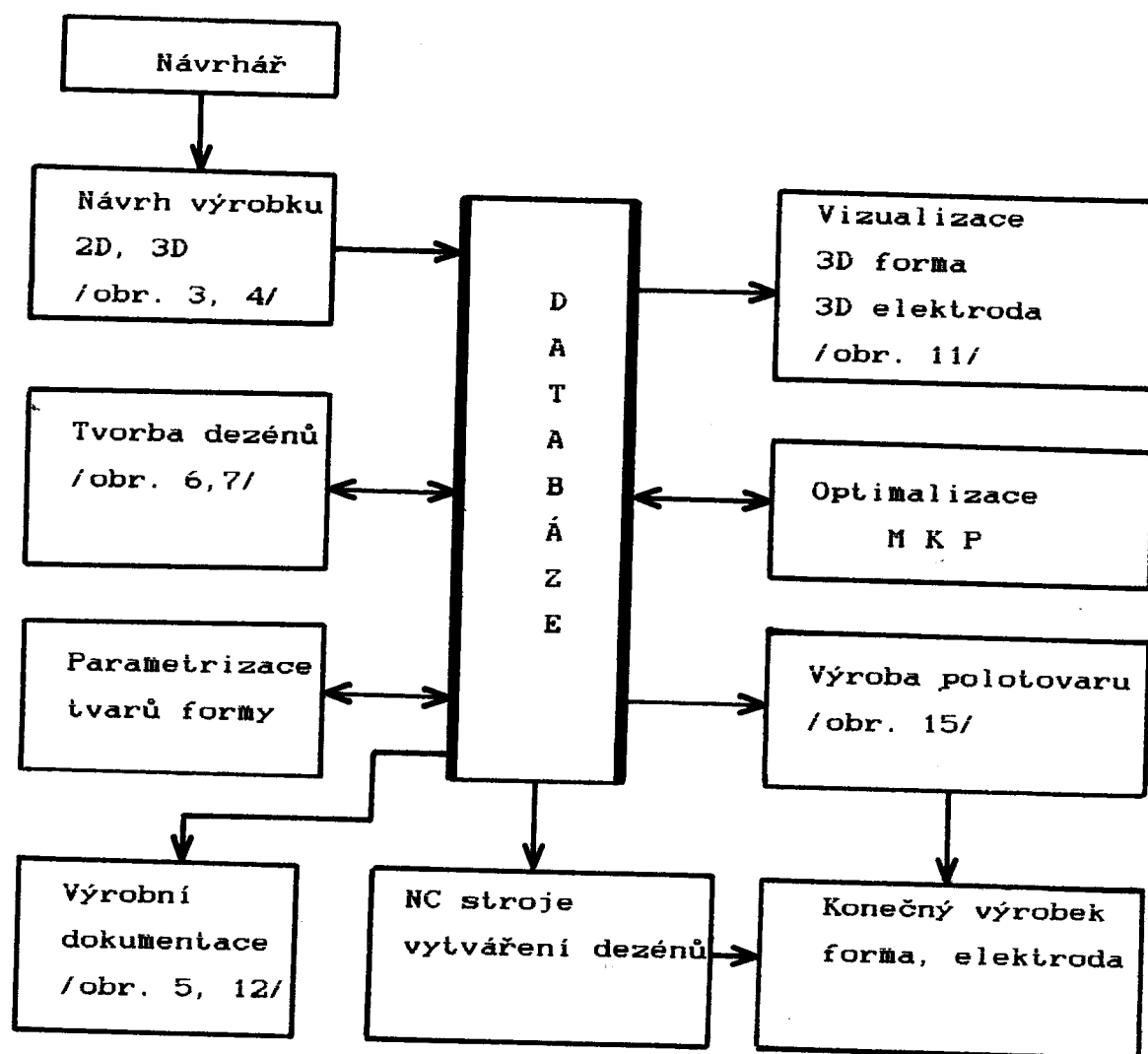
Přikročíme nyní k vlastnímu postupu vytváření výrobku. Určujícím a dominantním prvkem ovlivňujícím tvar a konečnou podobu výkresové dokumentace je návrh výrobku. Tento návrh provádí návrhář v úzké spolupráci s konstruktérem. Konstruktéru je dána možnost přímo vstupovat do návrhu tvaru výrobku a popřípadě dopravit tvar, který by plně splňoval podmínky pro lisovací proces. Takto provedený návrh je přímo uložen v digitální formě prostorového tvaru v databázi, takže odpadá komplikovaná a nepřesná digitalizace tvaru. Jak již bylo uvedeno v dialogu je návrhář na jedné straně umožněn volnost návrhu, ale na straně druhé je vázán standartizací prvků ze kterých se výrobek skládá tak, aby byla umožněna co největší efektivnost návrhu a co nejvyšší návaznost na další přípravu výroby. Schéma databáze s aplikací na konkrétní návrh výrobku je znázorněn na obr.2.

Velmi důležitá vlastnost prostorového návrhu spočívá v tom, že další následné konstrukční provedení výkresů odvozuje jednotlivé pohledy z prostorového tvaru, které je též možno vlivem přesné digitální podoby přesně okótovat. Kótování však není detailně nutné, neboť digitální podobou prostorového tvaru je zaručena vzájemná souvislost rozměrů pro jakékoli další operace. Výrobek lze kdykoli vyvolat na obrazovku a zkontrolovat kterékoli prostorové souřadnice. To má velkou výhodu při změnách konstrukce výrobku, neboť změny provedené na prostorovém tvaru se promítnou do jednotlivých pohledů i následných operací.

Pro názornou ukázkou lze použít příkladu misky č. 24118, model, který je popsán v kap. 5.1.1. K modelu výrobku lze

přiřadit formu, jejíž tvar a rozměry jsou zparametrizovány a mění se v závislosti na tvaru a rozměru misky. Při konstrukci formy se využívá znalostí uložených v databázi, t.j. například návazných rozměrů na držáky, rozměrů otvorů a závitů, sražení apod. Takováto databáze se nazývá bází znalostí. Tak lze vytvořit i ostatní části formy. Všechny tyto grafické operace jsou pouze transformací základních modelů s doplněním nezbytných informačních údajů. Tyto údaje a kóty nemusí být úplné jak bylo uvedeno výše, neboť celý tvar je přesně matematicky popsán a proto lze kterýkoliv rozměr získat otestováním daného elementu.

Výhoda přesného matematického popisu tvaru se ukáže hlavně při převodu do NC programů pro výrobu nástrojů /elektrod/ a obrábění vnějších tvarů. Zde není nutné dotvářet programy podle výkresů, ve kterých může konstruktér udělat chybu, ale je možné vygenerovat NC program na modelu tělesa a kontrolovat průběh obrábění v simulovaném procesu.



Obr.2 Příklad využití parametrizace s aplikací na daný tvar výrobku

Dále je možné vytvořený 3D model postoupit do procesu modelování a optimalizace. Dnešní výpočetní technika umožňuje modelování zatížení složitých reálných těles v podmínkách, které poměrně přesně simulují podmínky provozní. Nejčastěji je používána metoda konečných prvků. S pomocí této numerické metody lze modelovat tepelné, elastické /případně pružněplastické/ i termoelestatické namáhání v reálných tělesech.

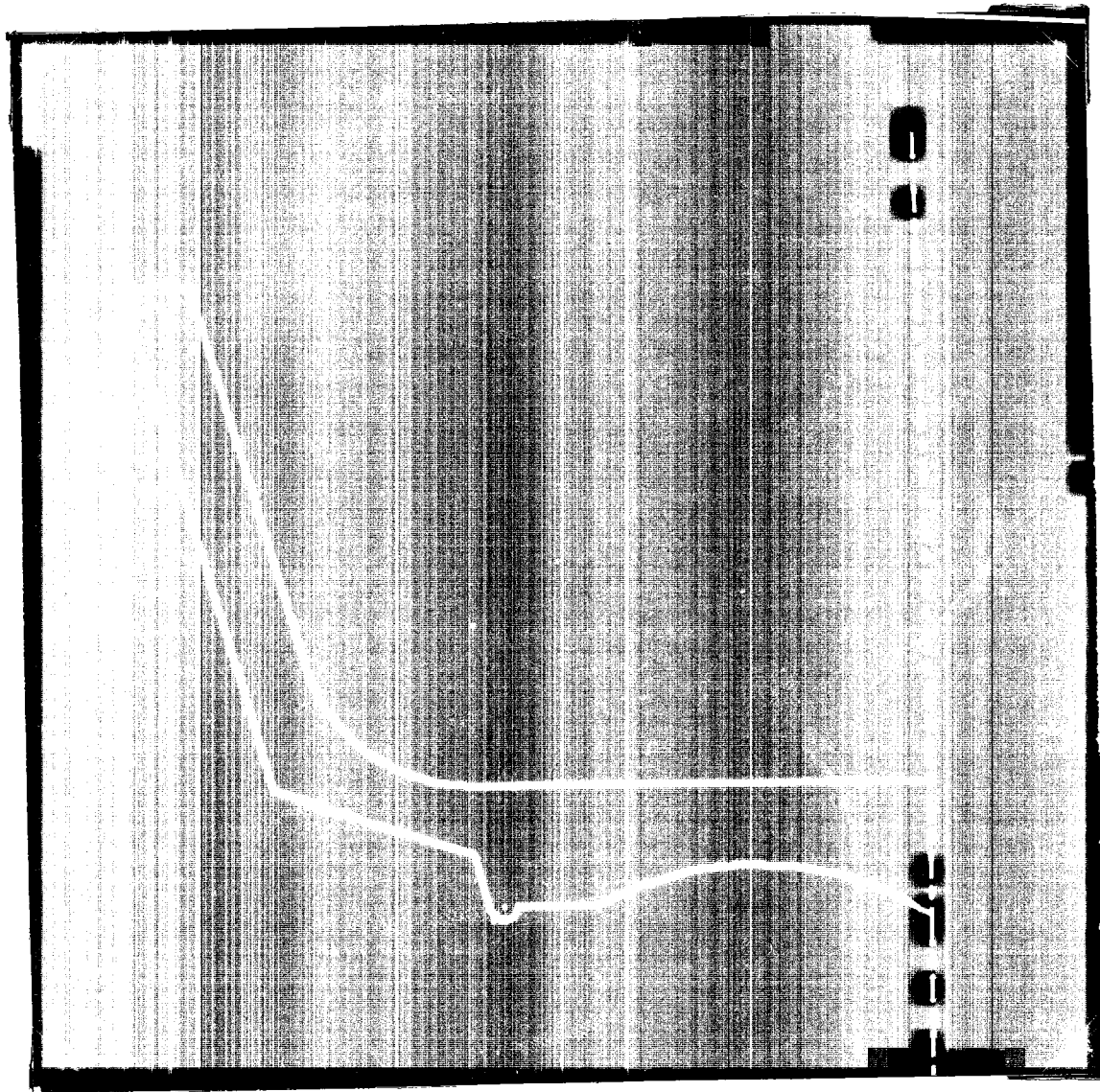
5.1. Konkrétní příklad na vytvoření misky a formy

5.1.1. Princip vytváření misky

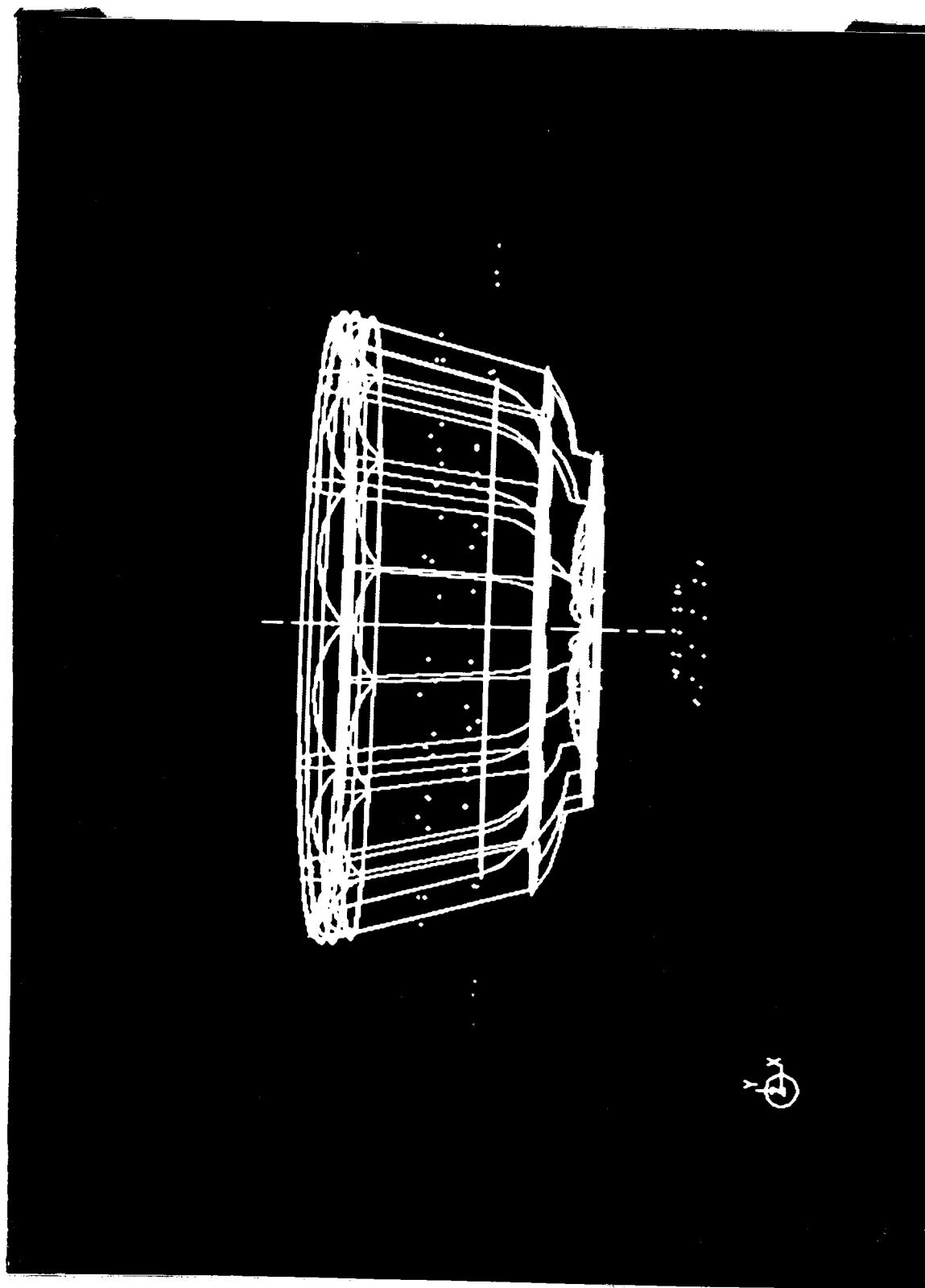
Model misky byl použit jako základní, pomocí kterého pak byly dotvářeny i ostatní parametricky zpracovávané tvary. Je to způsob, který obchází složité vytváření pracovních ploch forem a umožňuje použití moderní výpočetní techniky.

Postup vytváření základního tvaru misky je následující. Nejdříve je nutno vytvořit průřez /částečný řez/ misky ve 2D. Tento tvar je znázorněn na obrázku č.3. Jednotlivé rozměry jsou zadávány podle výkresové dokumentace. Tento tvar se poté přenesení do 3D prostoru pomocí funkcí COPY 8 a COPY 13 - 15. Ve 3D prostoru je tvar zrotován kolem hlavní osy o 24° s využitím funkce. Rotace využívající propojování klíčových bodů pomocí kružnice. Obdobným postupem je vytvořena i spodní část misky, která je zrotována o úhel 40° .

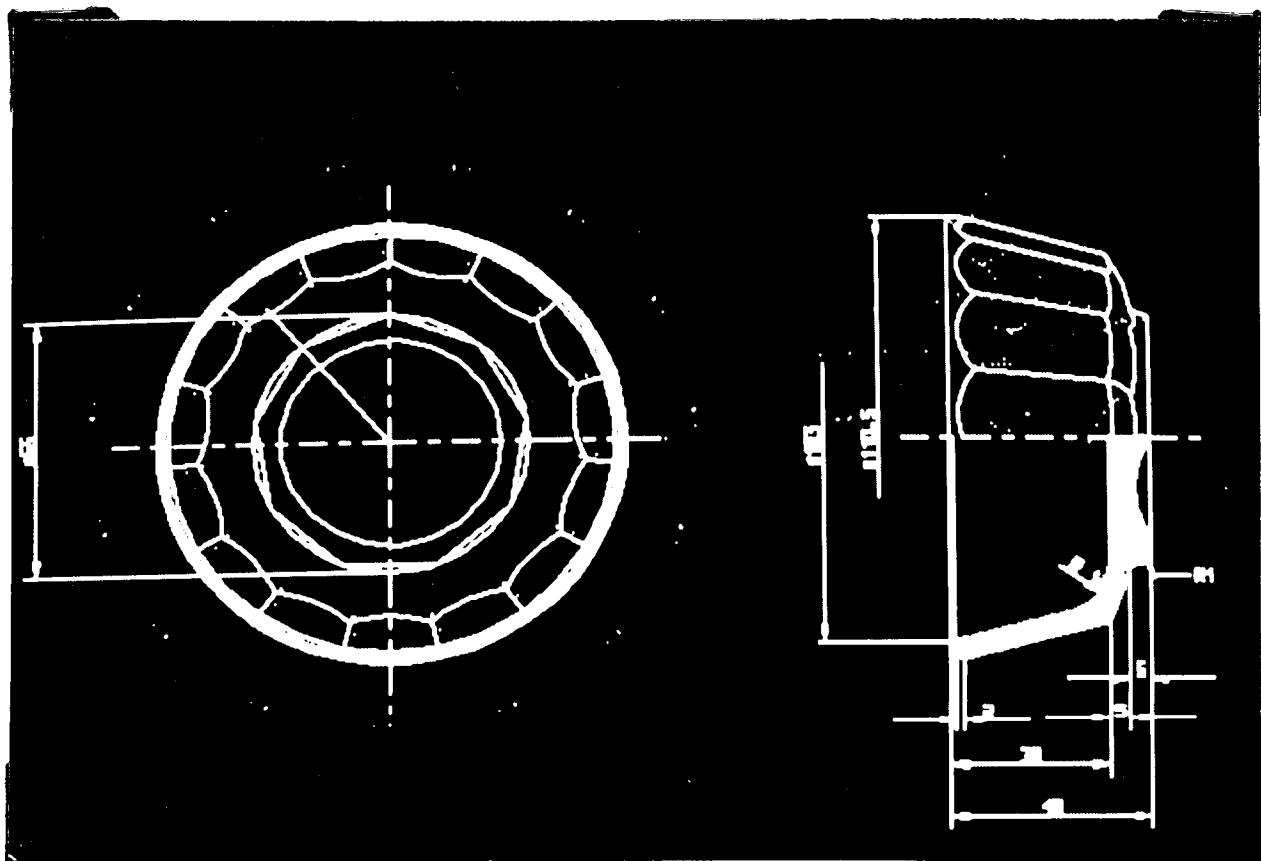
Takto vytvořené elementy nám slouží jako polotovary k vytvoření konečného tvaru misky. Nyní je nutné protnout základní tvar misky plochou skloněnou pod určitým úhlem. Tento postup však v DOGS 3D nelze použít, protože při vytvoření drátového modelu neumí DOGS vytvářet průniky těles a ploch. Na tento stejný problém se naráží při vytváření spodního dezénu dna misky. Opět se jedná o průnik ploch a obecného tělesa. Tuto překážku je nutno obejít. Proto je nutno průniky určit pomocí matematického aparátu. V prvním případě se jedná o průnik kužele a roviny. Pro vytvoření daného tvaru bylo použito jen několika hodnot. Proto při dalším využití, například za účelem vytvoření programu na NC stroje, nebo za účelem dalšího zpracování by tento postup nemohl být dostačující z důvodů nedostatečné přesnosti. Bylo by nutné body zadávat exaktně po celé délce křivky, nikoli manuálně.



Obr. 3 Průřezový tvar misky ve 2D



Obr. 4 Prostorové zobrazení misky



Obr.5 Kompletní výkres vytvořený pro výkresovou dokumentaci

Pro získání celého tvaru sklenice je výhodné použít vícenásobné rotace kolem hlavní osy, při které se základní element zobrazí v identických kopiích, které nám vytvoří celkový tvar misky viz. obr.4. Nyní je potřeba přenést takto vytvořenou kresbu misky do jiné hladiny pomocí funkce ARCHIVE 4, kde je nutno rozdělit dezén misky na jednotlivé subelementy, které budeme používat u jednotlivých dílů formy. Můžeme přímo tyto tvary převést na NC program a dále vytvářet pouze polotovary výrobku /formy, elektrody, dna formy /, který je v konečné fázi výroby dotvořen na NC stroji. Jednotlivé subelementy dezénu misky jsou zobrazeny na obr. 6 - 9.

Konečným krokem je přenesení misky do 2D, kde lze výkres dále upravovat /odmazat některé části vzniklé při rotaci, okótovat vyšrafovat atd./. Takto upravený výkres je možno uložit do PLOT FILE a vykreslit, nebo k vykreslení použít některý pohled ze 3D. Celkový výkres ve 2D ukazuje obr 5.

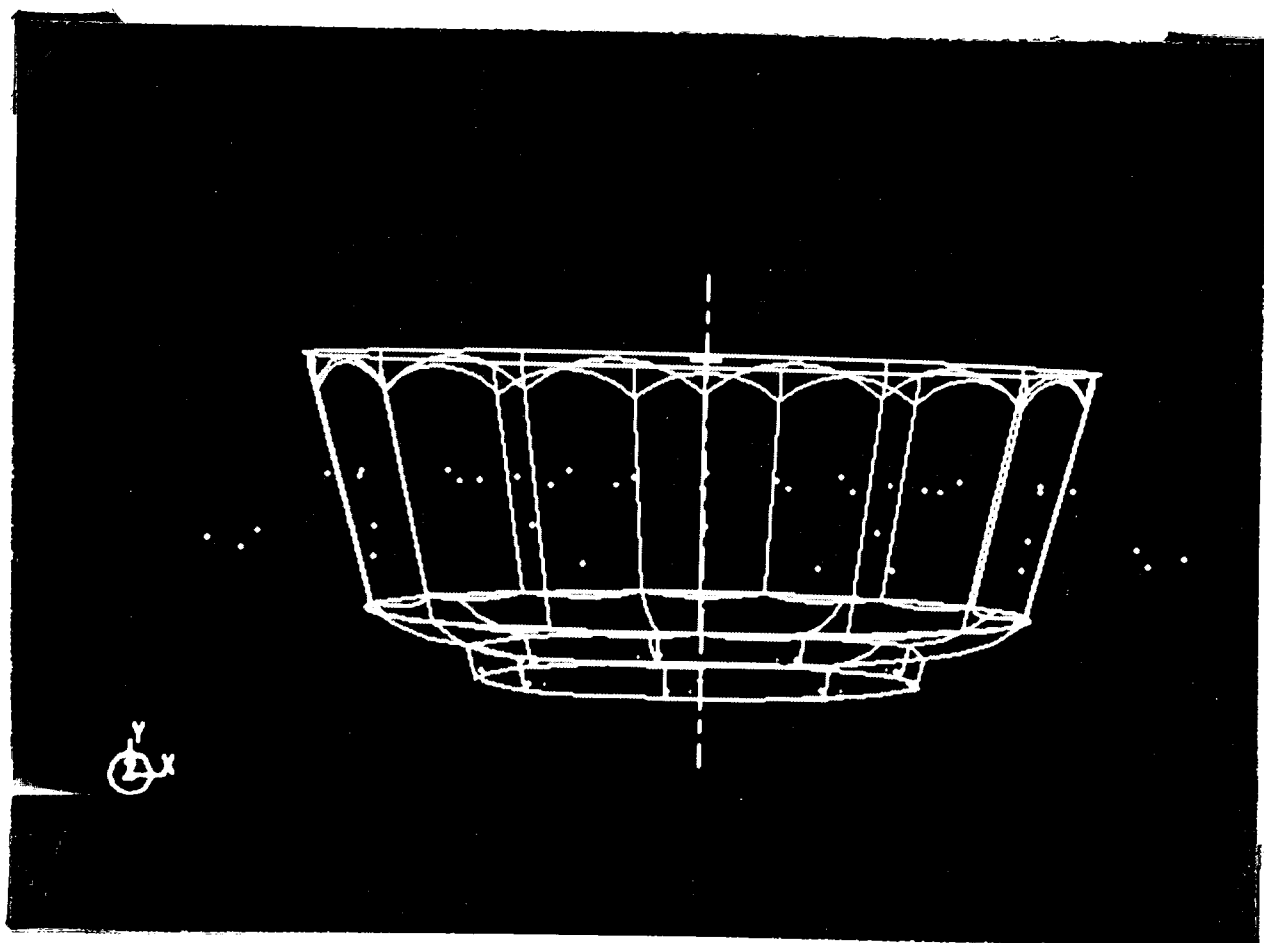
Přednosti DOGS se uplatní především u rotačních tvarů, kde lze s výhodou použít přenosu z 2D do 3D a vícenásobné prostorové rotace.

5.1.2. Postup parametrizace tvaru formy

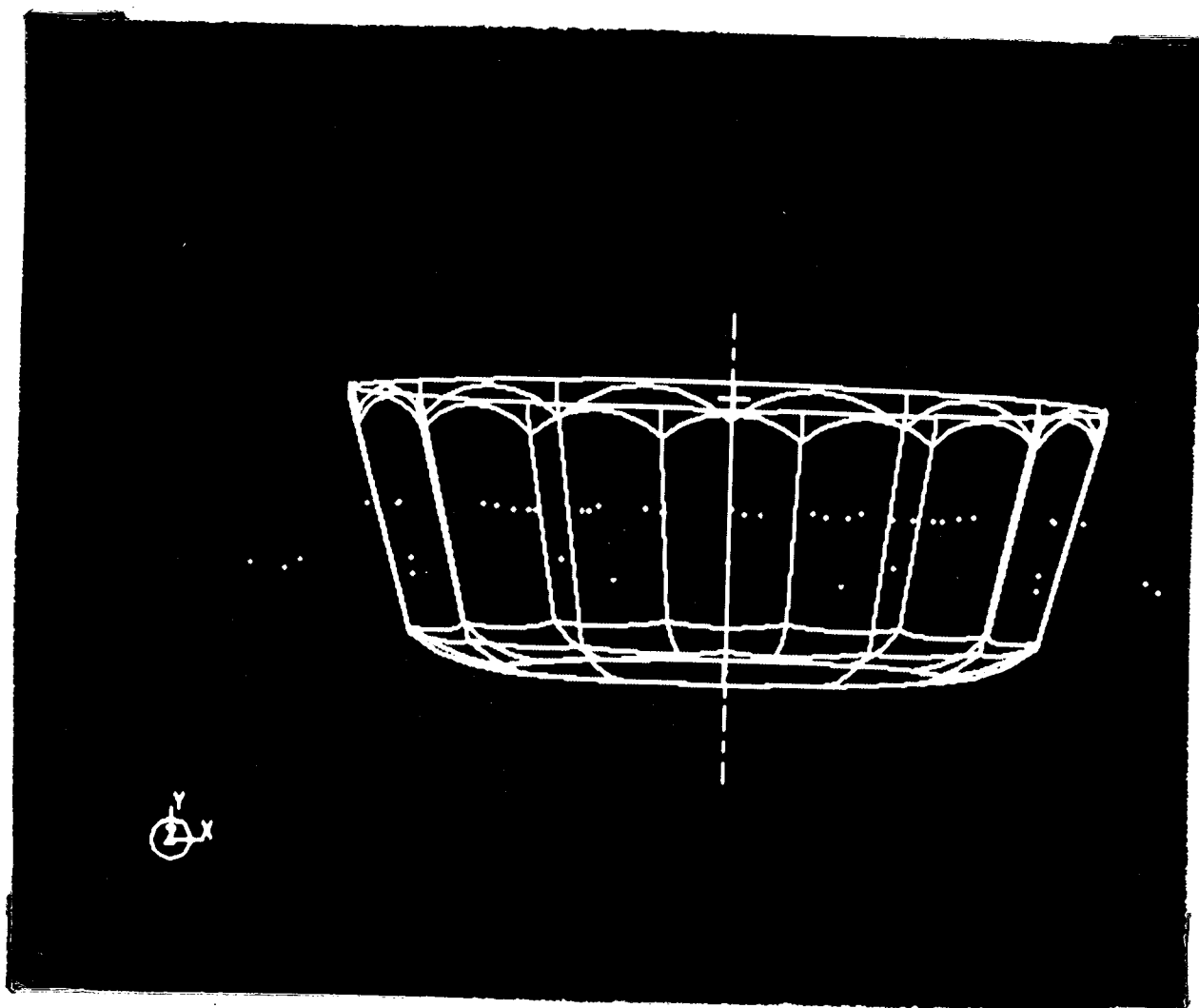
Při vytváření tvaru formy je nutné nejdříve určit rozměry vhodné k parametrizace. Jedná se o tvary, které se změní vlivem různé velikosti a průměru misky. Vlastní program byl vytvářen tak, aby při vytváření výkresu nemuselo být do tohoto procesu zasahováno, nebo jen v nejnutnějším případě, kdy by řešení bylo značně složité nebo zcela neproveditelné.

Při spuštění nás nejprve vyzve k zadání hlavních rozměrů misky, jako jsou vnější, vnitřní průměr, výška a průměr dna misky. Na tomto základě program vybere možný průměr materiálu na výrobu formy, ale je také možno provést vlastní volbu průměru polotovaru. Je zde také možné provést úpravy úkosu těla formy vzhledem k tvaru misky.

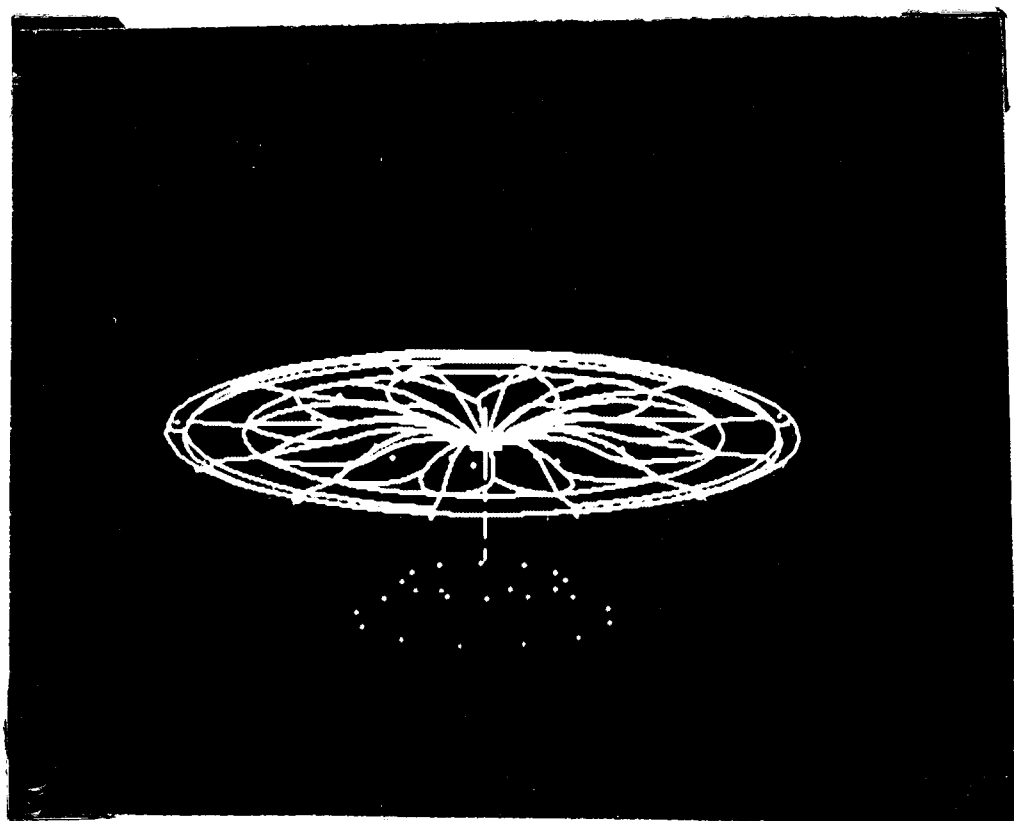
S těmito základními informacemi je program schopen provést vytvoření výkresové dokumentace formy. Nejprve se opět vytvoří řez ve 2D obr.10, přičemž pro vytvoření vnitřního tvaru formy lze s výhodou použít vnějšího tvaru misky, který jsme vytvořili při předchozím kreslení. Tento tvar je výhodné přenést pomocí funkce ARCHIVE 3 a manuálně zde provést nepatrné úpravy. Tímto je také zaručena i vzájemná přesná poloha misky vůči formě.



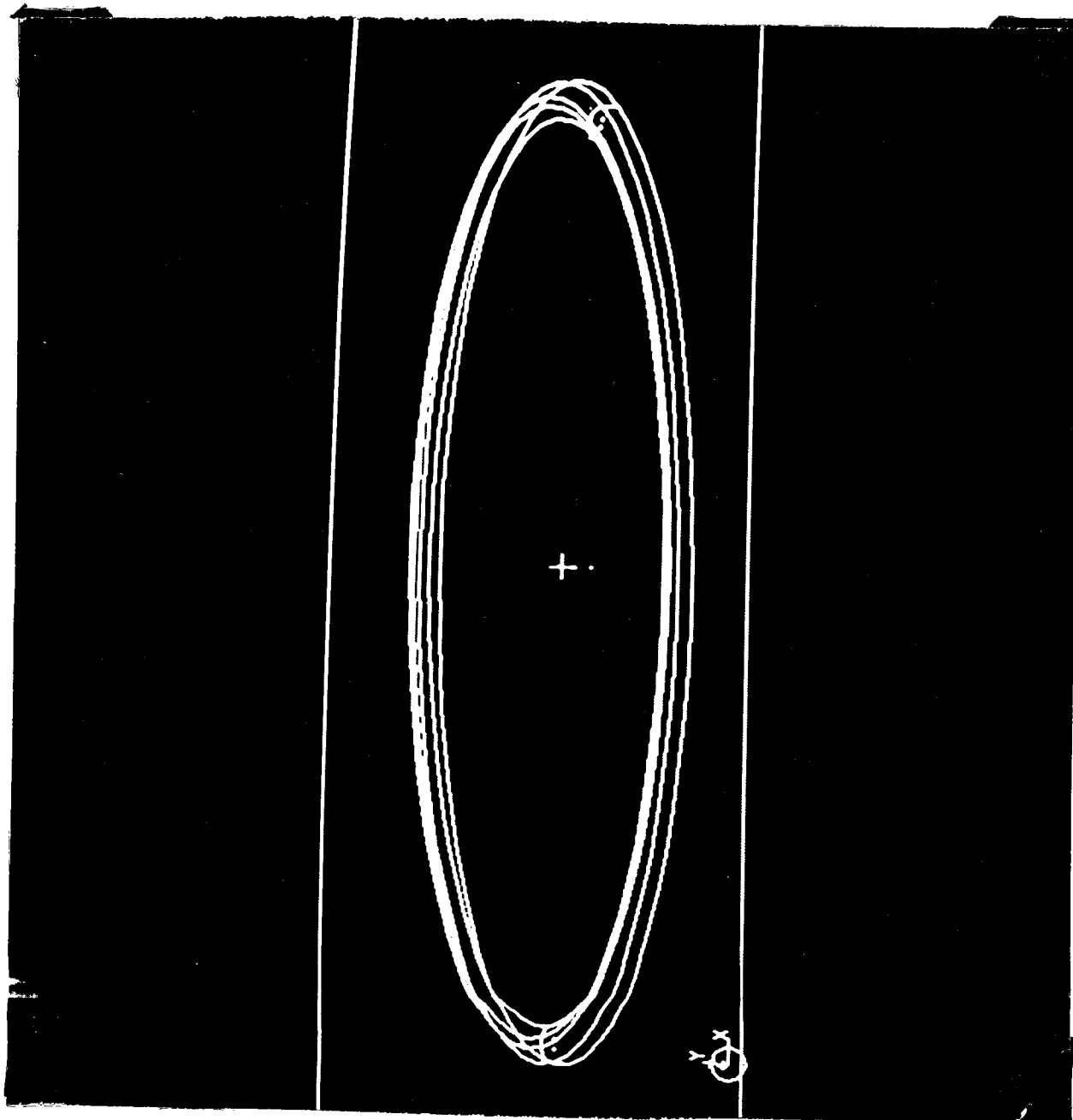
Obr. 6 Perspektivní pohled na dezén formy /3D pohled/



Obr. 7 Dezén pro vyjiskřovací elektrodu /3D pohled/



Obr. 8 Dezén pro dno formy /3D pohled/



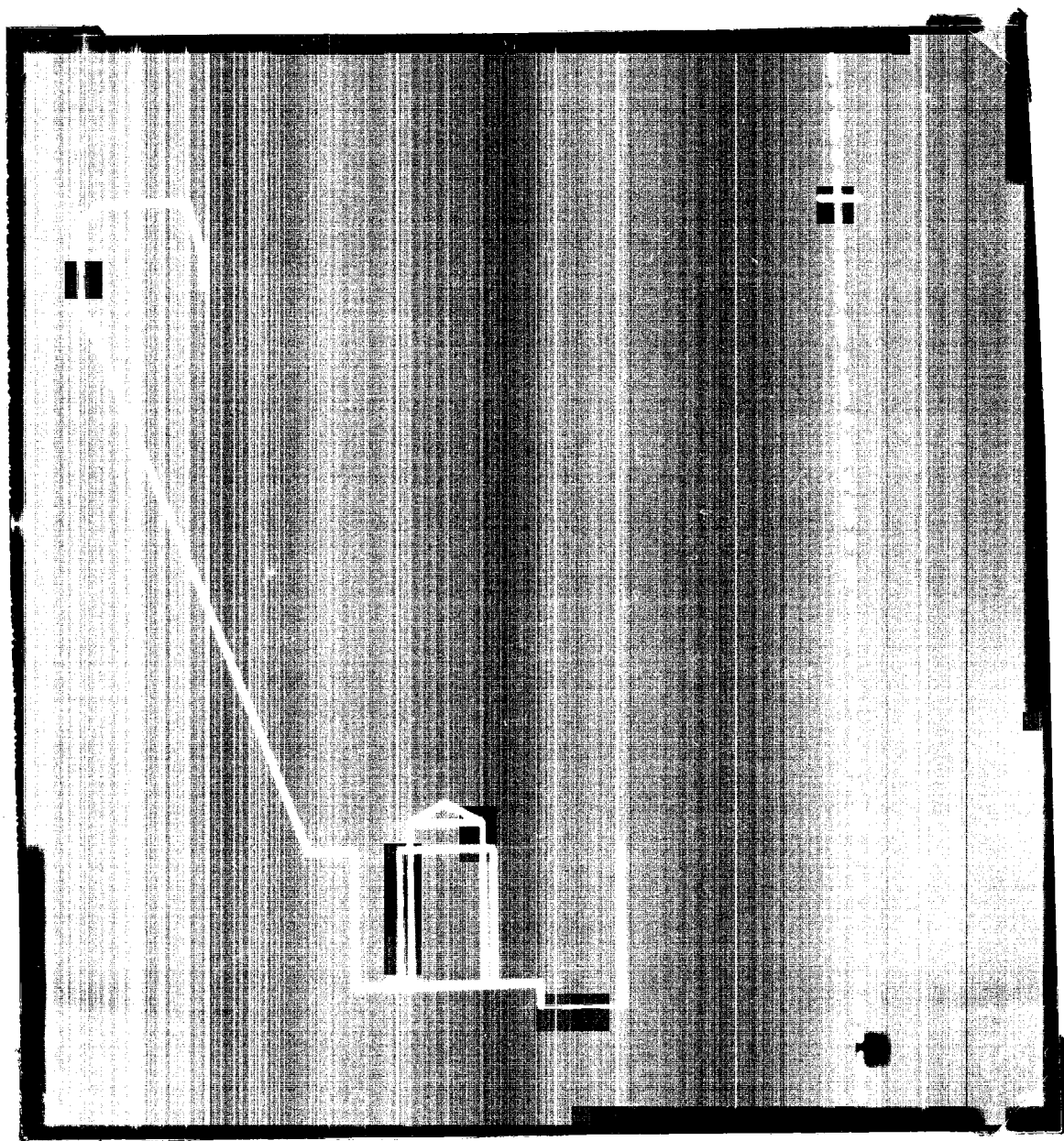
Obr. 9 Dezén kroužku /3D pohled/

Další postup vytváření výkresu probíhá automaticky. Provede se konečné vykreslení tvaru formy, osazení a její kompletní okótování.

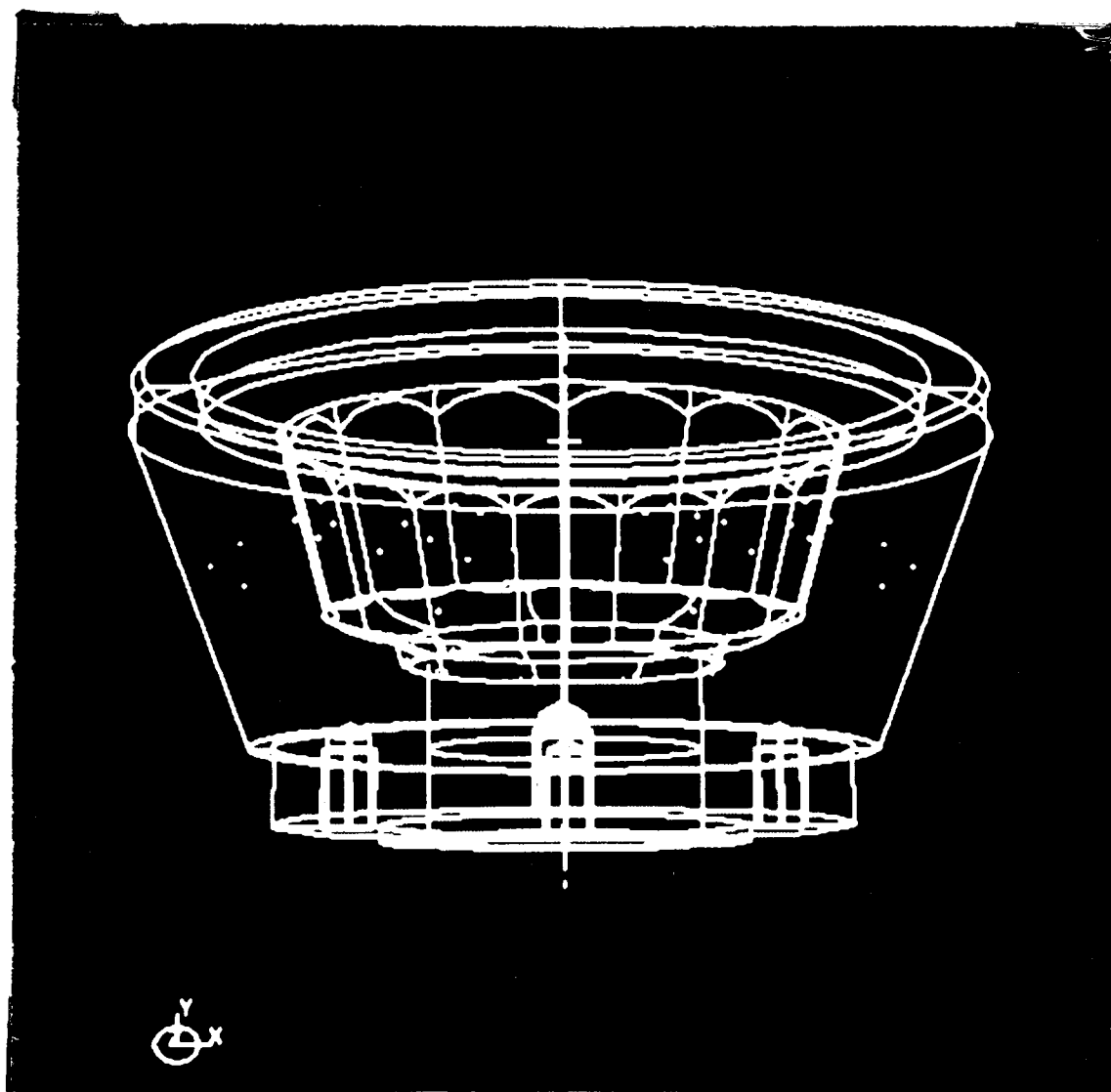
Konečným krokem programu je přetažení kresby do 3D prostoru a zde se provede zrotování kolem hlavní osy s využitím propojování klíčových bodů. Následuje vytvoření děr ve dně formy. Tímto postupem se nám vytvoří forma bez dezénu.

Dezén formy lze vytvořit použitím části dezénu misky obr. 6 misky, který je uložen v knihovně. Lze si totiž k pracovní hladině nechat prosvítit i jinou libovolnou hladinu obrázku, nebo si ji přímo nechat zkopírovat do dané kresby. Opět se jedná jen o přibližnou metodu, neboť pro určení přesných průniků je nutné provést náročný výpočet. Kompletní tvar formy je na obrázku č.11.

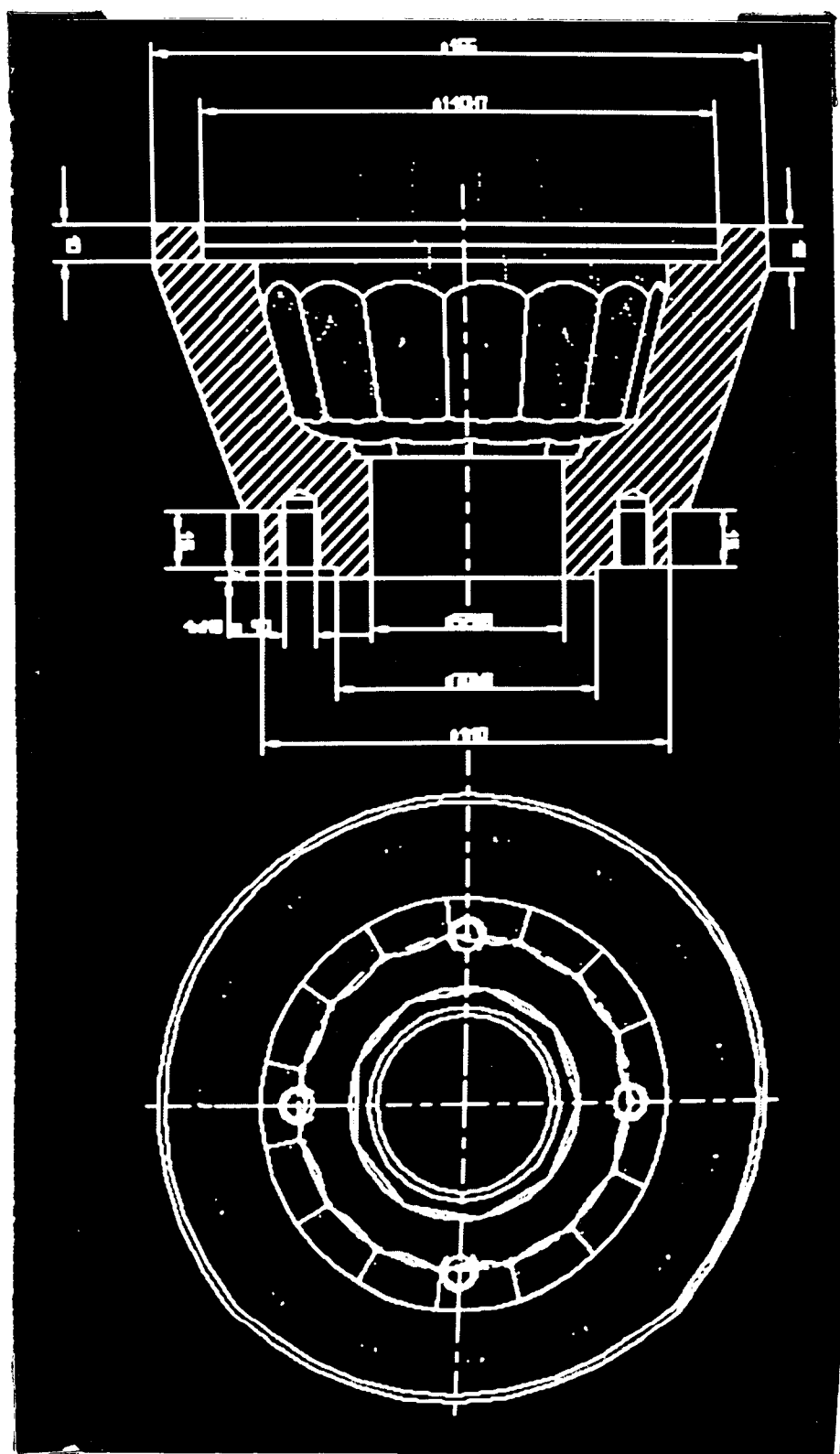
Vzhledem k tomu, že se používá značné množství misek s různými dezény, bylo by nutné vytvořit veškeré dezény pomocí parametrických funkcí. Pomocí takového archívu by bylo možné provádět celý proces plně automaticky. S následnou možností zpracování na NC strojích. Celkový výkres vytvořený ve 2D pro výkresovou dokumentaci je na obr.12.



Obr. 10 Parametricky vytvořený řez formy



Obr. 11 Prostorový tvar formy



Obr. 12 Výkres formy

5.1.3. Postup parametrizace kroužku

Postup při vytváření kroužku je podobný jako v předchozím případě. Program pracuje s hodnotami, které jsme zadali v úvodu. To jest vnitřní průměr výrobku a dále přejímá rozměr, který byl vypočten z průměru formy.

Opět je s výhodou v programu použito principu kreslení rotačních těles. Nejprve se provede vykreslení tvaru kroužku ve 2D obr.13 a dojde ke kompletnímu okótování. Potom dojde k přenesení tvaru do 3D a zde se provede zrotování kolem hlavní osy. Následuje vytvoření děr pro šrouby a přenesení části dezénu z archivu databáze. Perspektivní pohled je na obrázku č.14. Kompletní výkres je zobrazen na obr.15.

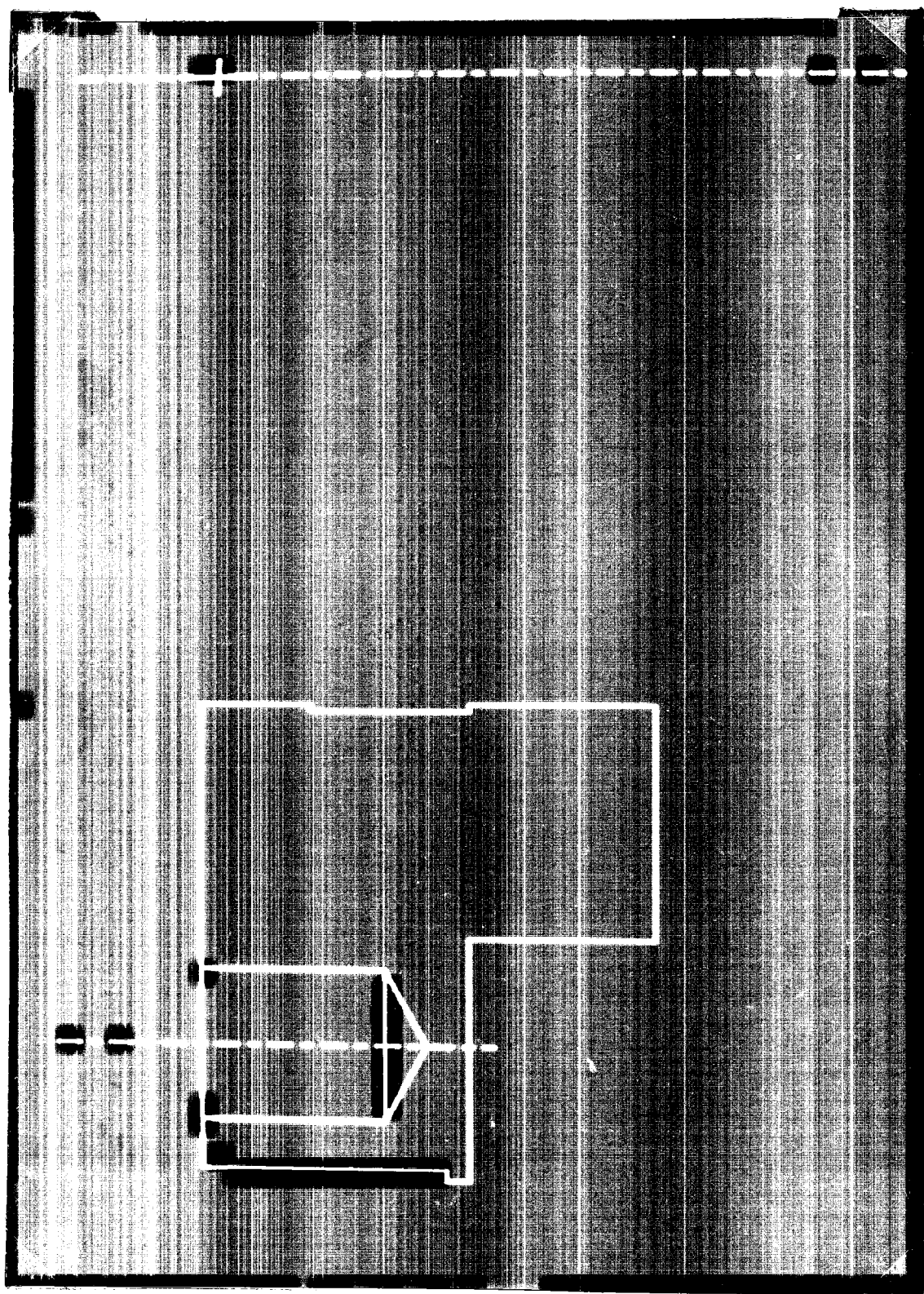
5.1.4 Postup parametrizace dna formy

Opět je použito při vytváření tvaru dna několikanásobné rotace. Je vytvořen nejdříve obrys obr.16, který je použit pro přenesení do 3D. Poté se dotvoří kresba ve 2D. Dojde k přezrcadlení a okótování polotovaru výrobku. Nyní je nutno přiřadit k takto vytvořenému polotovaru určitou část dezénu misky pomocí funkce ARCHIVE 3. Dezén dna misky je zobrazen na obr.8.

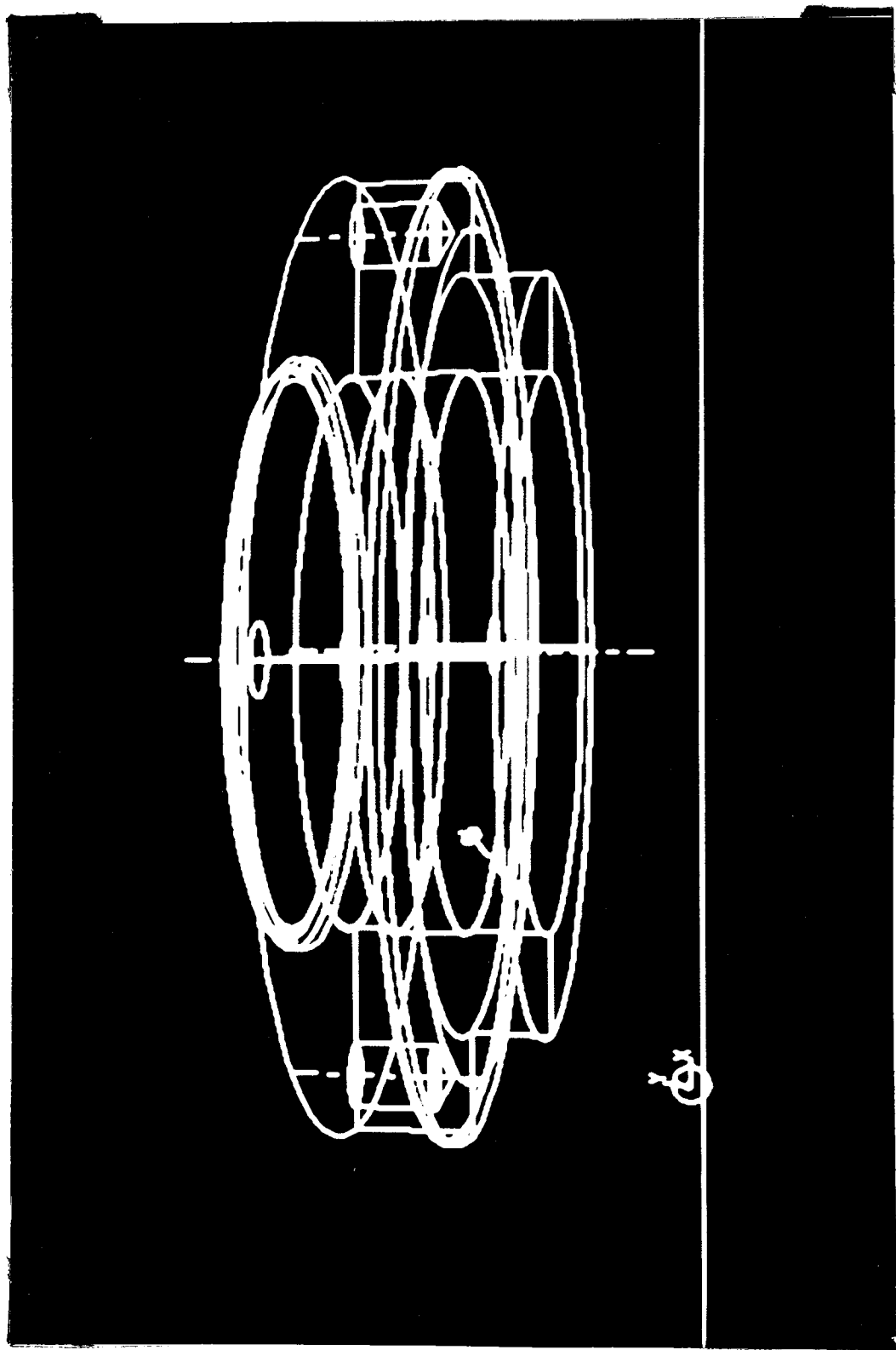
Takto vytvořenou kresbu je možno manuálně dotvořit /provedení vyšrafování pracovní části, přiřazení rohového razítka/. Dále je kresbu možno převést do PLOT FILE a vykreslit, jako výkresovou dokumentaci viz. obr.18. Prostorový tvar dna je zobrazen na obr.17, který lze používat dále v procesu optimalizace, nebo pro případnou vizualizaci.

5.1.5. Postup parametrizace jádra

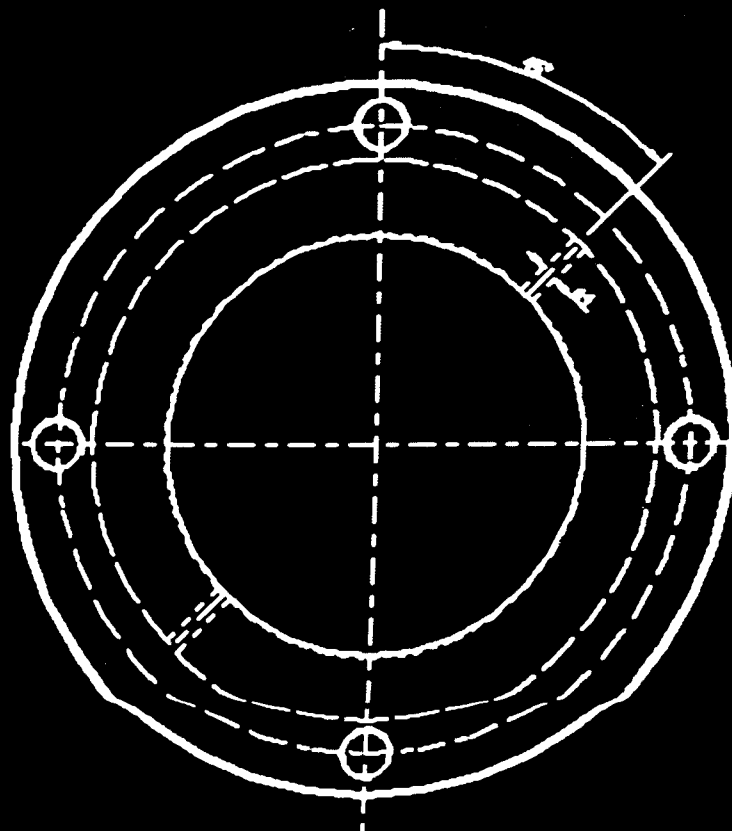
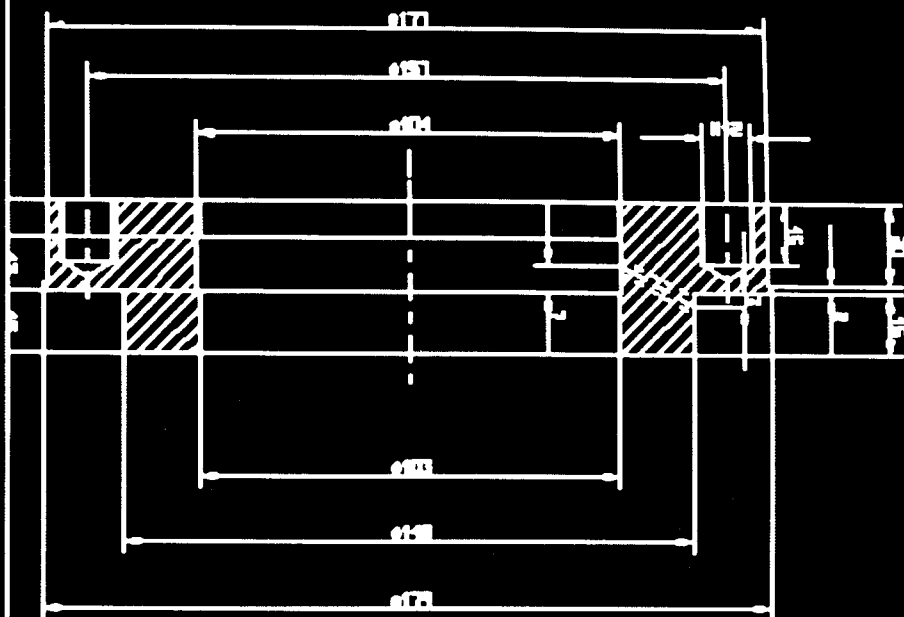
K vytvoření jádra je použito principu kreslení rotačního tělesa, tedy vytvoření řezu ve 2D obr.19, přenesení do 3D prostoru a jeho zrotování kolem hlavní osy. Při rotaci je opět použito funkce využívající propojování klíčových bodů pomocí kružnice. Perspektivní pohled je znázorněn na obrázku 20. Následuje přepnutí do 2D a pomocí funkce zrcadlení se vytvoří celkový tvar jádra, na kterém se provede okótování. Takto vytvořený výkres je možno opět doplnit rohovým razítkem a vykreslit na plotteru. Na obrázku 21. je znázorněn kompletní výkres výrobku.



Obr. 13 Parametricky vytvořený řez kroužku

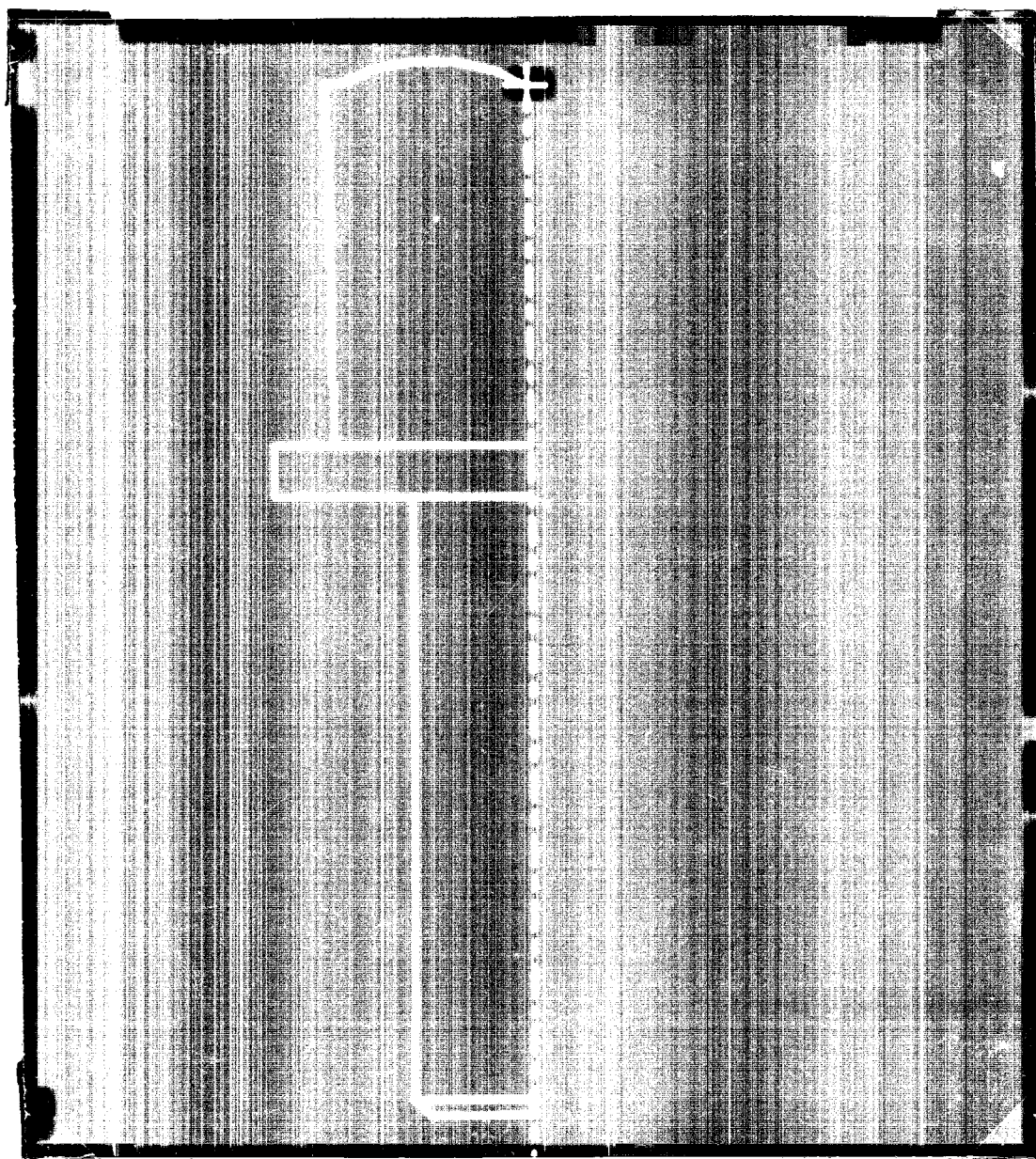


Obr. 14 Prostorový tvar kroužku

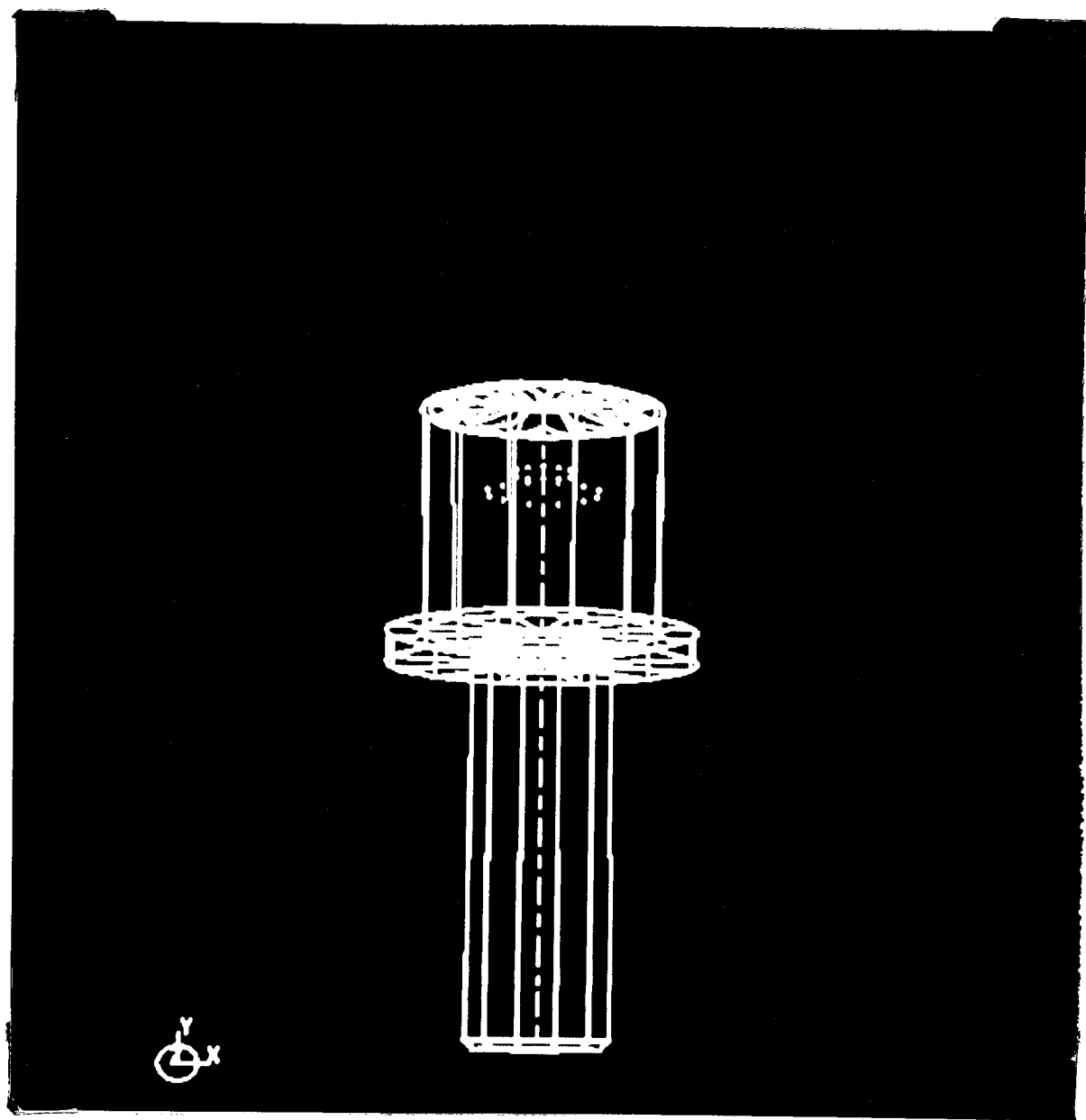


180 mm.

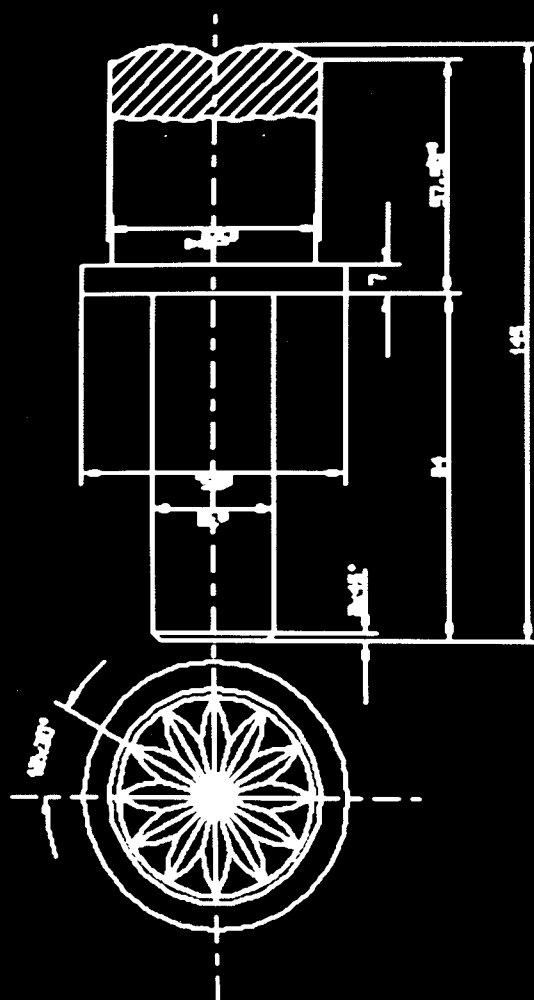
Obr. 15 Kompletní výkres kroužku



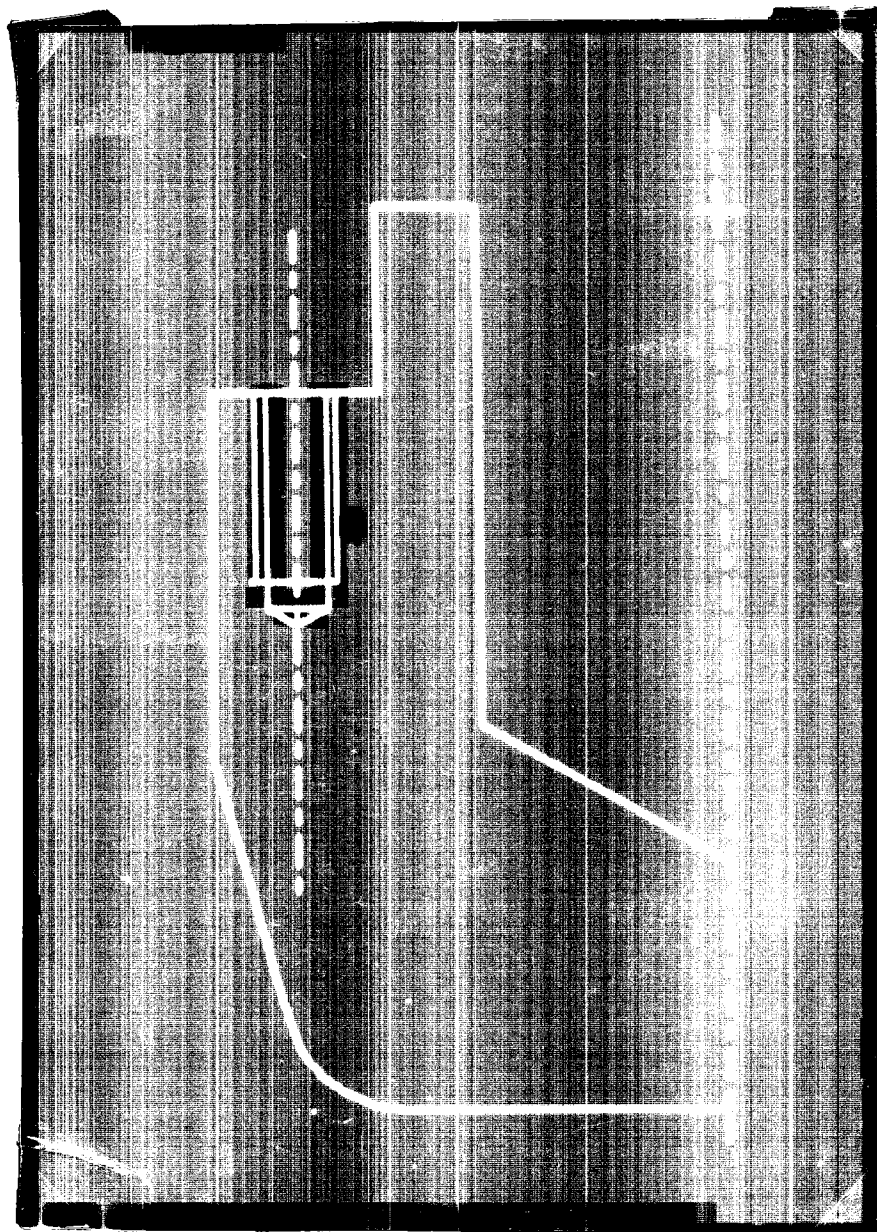
Obr. 16 Průřezový tvar dna formy vytvořený parametricky



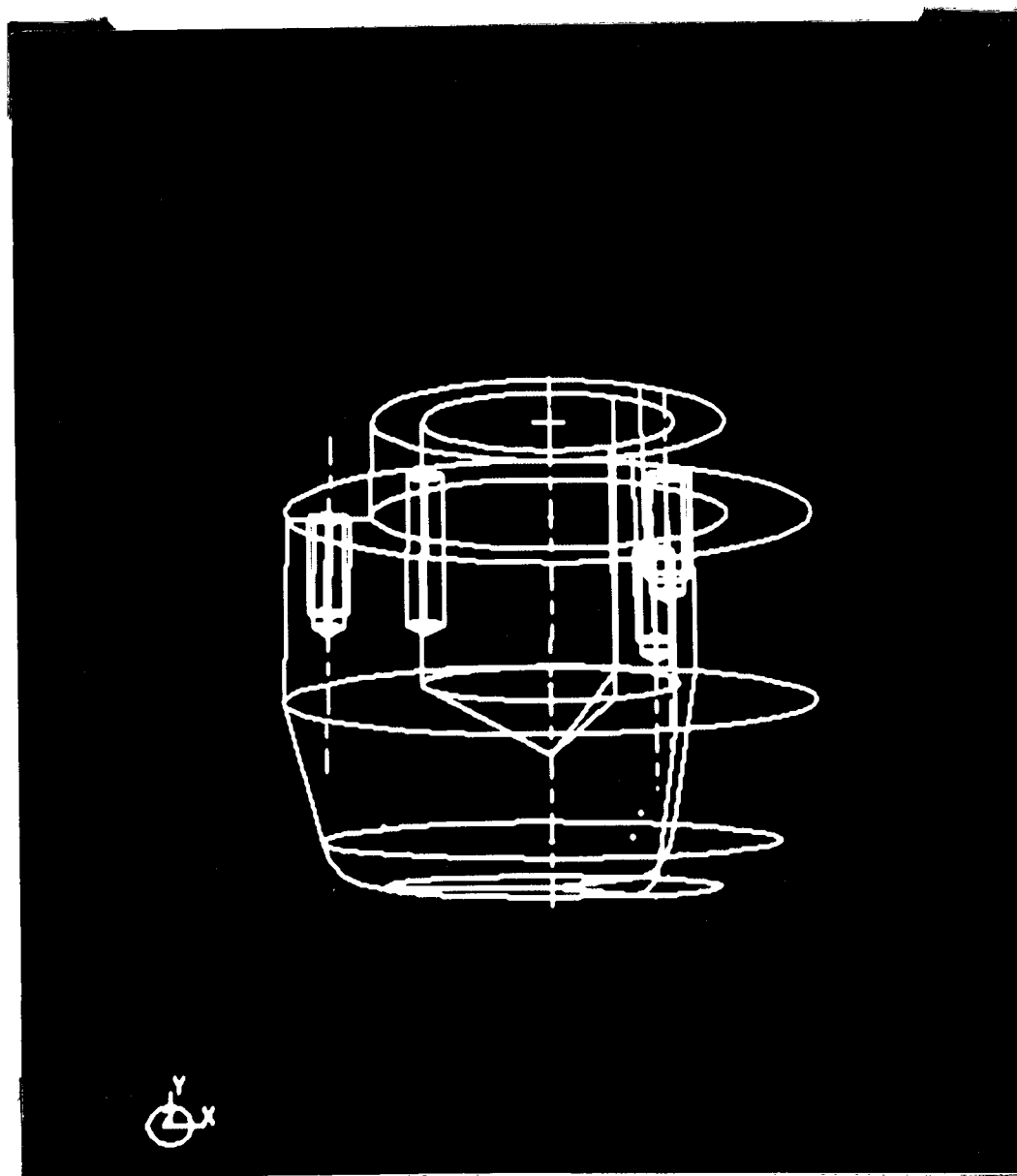
Obr.17 Perspektivní pohled dna formy



Obr. 18 Kompletní výkres dna formy



Obr.19 Průřezový tvar jádra vytvořený parametricky ve 2D



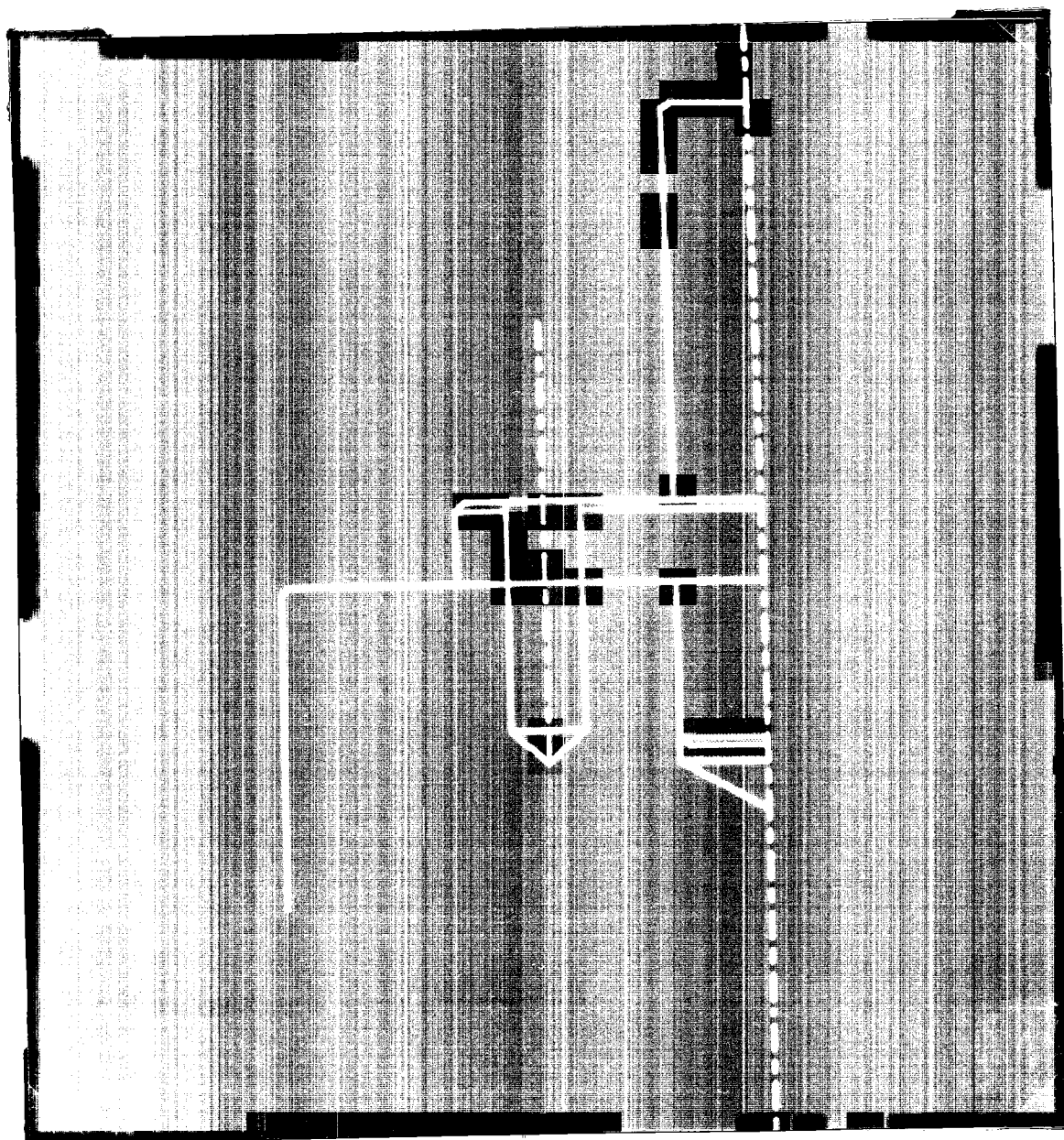
Obr. 20 Prostorové zobrazení jádra

5.1.6. Postup parametrizace elektrody

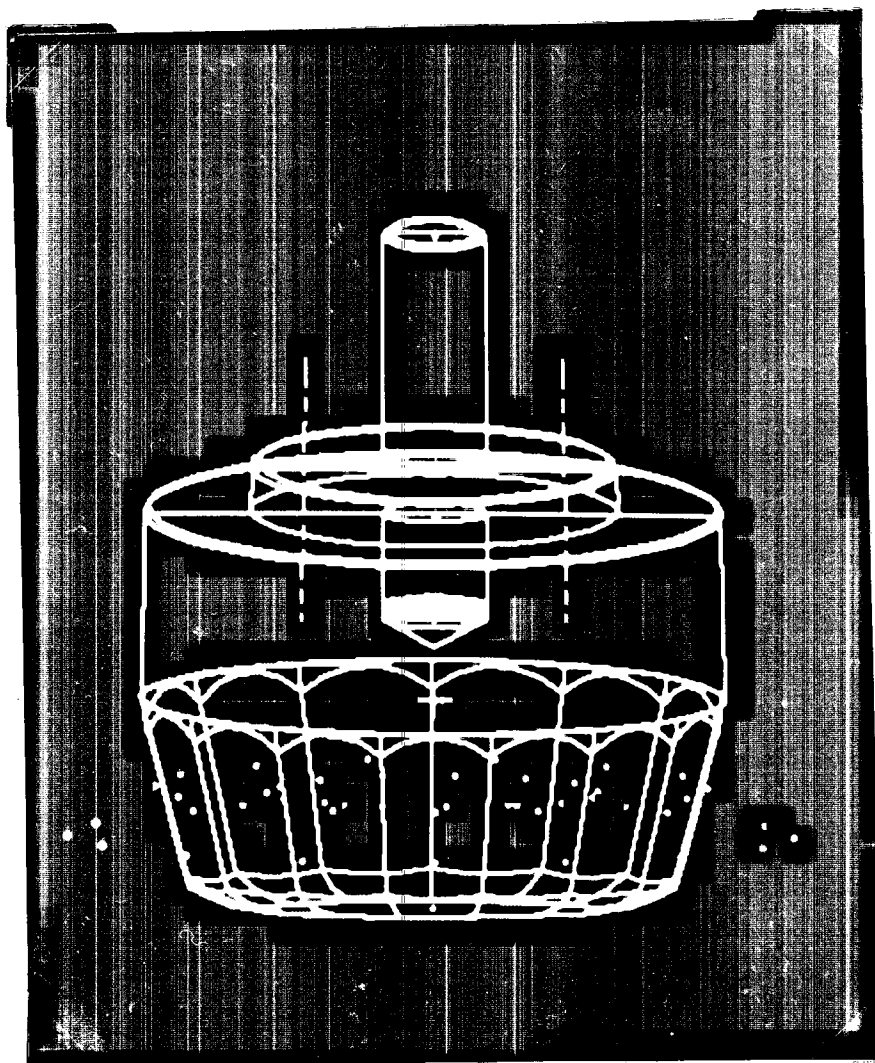
Při vytvoření modelu elektrody, vycházíme z parametricky vytvořeného řezu obr.22, který nám opět poslouží jako základní element pro 3D model. Ve 2D prostoru se provede přezrcadlení řezu s následným okótováním základních rozměrů elektrody, které jsou nutné pro vytvoření výkresové dokumentace. Na obr.24 je znázorněn výkres, který lze uložit do PLOT FILE a následně vykreslit na plotteru, nebo uložit na magnetické médium a zde jej uchovat.

Model ve 3D se vytvoří zrotováním kolem hlavní osy. Takto vytvořený polotovar doplníme dezénem obr.7, který lze překopírovat do kresby pomocí funkce ARCHIVE 3. Celkový perspektivní pohled je zobrazen na obr.23.

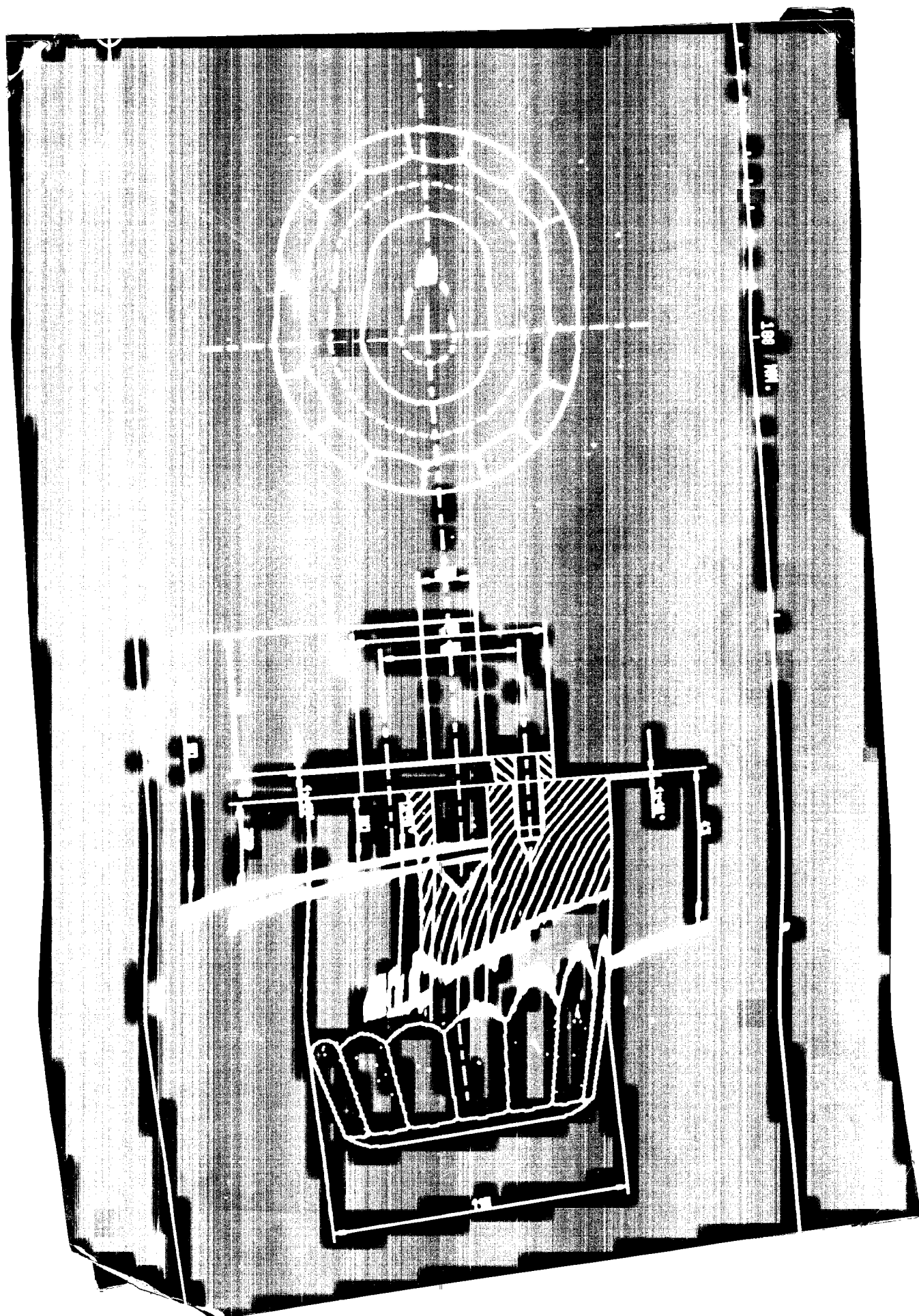
Do procesu parametrizace, lze u jakékoliv kresby vstupovat a měnit základní rozměry. Výhodné je vytvořit typovou řadu používaných rozměrů a tyto využívat v návaznosti na daný tvar.



Obr.22 Průřezový tvar elektrody vytvořený parametricky



Obr. 23 Prostorové zobrazení elektrody



Obr. 24 Kompletní výkres elektrody

5.1.7. Zhodnocení práce s DOGS a DOGS 3D

Při hodnocení práce ve 2D se samozřejmě nabízí srovnání s klasickou ruční prací konstruktéra. Zde se může zdát, že se kreslení v DOGS moc neliší od klasického kreslení, bohužel tomu tak není. Pokud si konstruktér plně osvojí základní činnosti v DOGS, hodnocení jednoznačně vyznívá ve prospěch grafické stanice, nejen pro přesnost kreslení, preciznost, rychlost a také proto, že je možno použít funkce jako jsou zrcadlení, rotace, kopírování pohledů, nebo celých hladin. Je zde možnost si ukládat složitější a používanější tvary jako symboly do veřejné, tak i soukromé knihovny.

Významnou součástí DOGS jsou parametrické symboly, ukládané ve formě programu pro kreslení, které umožňují vysokou variabilitu rozměrů a tvarů těles takto uložených. Parametrických symbolů lze využít i k tvorbě těles vyráběných v určitých rozměrových řadách /formy, lustrové ověsky atd./.

V pracovním prostředí DOGS 3D se nejlépe konstruuje součásti rotačního tvaru. Obecná tělesa v DOGS 3D se dají vytvořit poměrně složitě definováním všech důležitých bodů v prostoru. Obě prostředí jak DOGS 2D tak i 3D nabízejí značné množství příkazů a přepínačů. DOGS 2D obsahuje celkem na 370 příkazů a přepínačů, DOGS 3D jich obsahuje 230.

6. Zhodnocení možností parametrizace a ekonomický efekt v integrovaném CAD systému

V současné době si navrhování sklářských výrobků a forem zachovává většinou již zaběhnutý proces tvorby výrobku a následně i výkresové dokumentace. Nejprve umělecký návrhář navrhne tvar stávajícího výrobku. Prezентuje ho ve formě náčrtku nebo skicy s hrubými kótami. Poté se tento návrh dostává do oddělení konstrukce forem. Konstruktor musí vytvořit vhodnou formu, která z vnitřní strany musí odpovídat vnějšímu povrchu navrženého výrobku a z vnější strany musí plně odpovídat požadavkům výroby. Takováto kompletní výkresová dokumentace je předána programátoru NC strojů.

Podobné navrhování výrobků a forem založených na využívání nejmodernější výpočetní techniky má následující postup.

Návrhář vytvoří výrobek pomocí grafické stanice s využitím standartních prvků uložených v archívu /dezény, dekorační ozdoby apod./. Může používat již vytvořené dezény a tyto v požadovaném měřítku transformovat, nebo případně doplnit dalšími dezény. Takto vytvořený model misky převezme konstruktor, který již nemusí vytvářet značně složitou výkresovou dokumentaci, ale může na tento výrobek přímo aplikovat parametricky vytvořený tvar formy, či některé její součásti. Vytvořený tvar nebo tvary je dále možno přímo převést na program pro NC stroje. Takto vytvořený program je uchováván na magnetických médiích.

Při navrhování výrobku pomocí grafické stanice odpadá problém s převáděním výrobku do matematického modelu, neboť sám výrobek je v paměti počítače uložen v digitální formě. To vede k velice podstatnému snížení času i práce.

Hlavními výhodami CAD systémů je odstranění ruční práce konstruktéra a snaha o vytváření klasických výkresů vůbec. Zde se dá mluvit o zvýšení produktivity práce konstrukčního návrhu o 50 - 80 %. Zkrácení konstrukce detailů a v neposlední řadě se jedná o odstranění přenášení informací mezi jednotlivými pracovišti, ve formě výkresů a přechod na přenášení 3D modelů buď přímým spojením systémů /vytváření sítí/, nebo přenášením na magnetickém médiu, které je lépe skladné a má daleko větší kapacitu informací než výkres.

Nevýhodou je to, že je nutné vytvoření komunikační sítě. Nemůžeme totiž zavést jednu grafickou stanici a chtít komplexní výsledky. Zde je potřeba určité provázanosti mezi jednotlivými

pracovišti, popřípadě i možnost komunikace s NC stroji. V současné době, při využití jedné grafické stanice, lze možnosti tohoto systému využít pouze z části - provádět návrh výrobku i formy na počítači a přenášet programátorovi NC strojů zejména údaje o přesné poloze klíčových bodů dezénu, které v současnosti často konstrukce neposkytuje a ani nemůže poskytovat v dostatečné míře. Další a velice důležitou otázkou je cenová dostupnost, . Ta bohužel zatím mluví v náš neprospěch. Cenové relace pracovních stanic a jejich programového vybavení se pohybují ve vyšších cenových relacích. Je na místě podotknout, že ekonomický přínos je celkem značný, pokud podnik, nebo organizace je schopna takovýto systém plně využít.

7. Závěr

Využití grafických stanic a jejich včlenění do systému CAD může přinést dnes tolik požadované zefektivnění práce konstruktérů a může se stát i mohutným impulsem nejen sklářskému průmyslu ale i ostatním oborům. Je třeba také připomenout moduly SWANS, BOXER a DOGS NC, kterým byla věnována jen nepatrná pozornost, ale které jsou také podstatným mezičlánkem mezi vytvořením výrobku a jeho zavedením v praxi. Zde je třeba si uvědomit, že jak grafika umožňuje urychlit inovační proces, tak modelování se simulací pracovních podmínek a optimalizací konstrukce umožňuje uspořit vysoké náklady ve výrobě a je také přínosem pro zvýšení kvality produkce.

Zatímco dosud se stále více automatizovaly stroje, konstrukce setrvala na manuální úrovni u rýsovacích prken. Nyní se tedy objevuje prostředek, který v práci konstruktéra nahradí a odstraní některé rutinní činnosti.

V zahraničí se již tato forma konstruování ujala a je jen na nás, abychom se snažili prosadit tento světový trend i u nás.

8. Seznam obrázků a příloh

Integrovaný CAD systém navrhování, modelování a optimalizace sklářských lisovacích forem	obr.1
Příklad využití parametrizace s aplikací na daný tvar výrobku	obr.2
Průřezový tvar misky ve 2D	obr.3
Prostorové zobrazení misky	obr.4
Kompletní výkres vytvořený pro výkresovou dokumentaci	obr.5
Perspektivní pohled na dezén formy /3D pohled/	obr.6
Dezén pro vyjiskřovací elektrodu /3D pohled/	obr.7
Dezén pro dno formy /3D pohled/	obr.8
Dezén kroužku /3D pohled/	obr.9
Parametricky vytvořený řez formy	obr.10
Prostorový tvar formy	obr.11
Výkres formy	obr.12
Parametricky vytvořený řez kroužku	obr.13
Prostorový tvar kroužku	obr.14
Celkový výkres kroužku	obr.15
Průřezový tvar dna formy vytvořený parametricky	obr.16
Perspektivní pohled dna formy	obr.17
Kompletní výkres dna formy	obr.18
Průřezový tvar jádra vytvořený parametricky ve 2D	obr.19
Prostorové zobrazení jádra	obr.20
Celkový výkres jádra	obr.21
Průřezový tvar elektrody vytvořený parametricky	obr.22
Prostorové zobrazení elektrody	obr.23
Celkový výkres elektrody	obr.24

Výrobní výkres dna formy	příloha.1
Parametrické programy	příloha.2

8. Použitá literatura

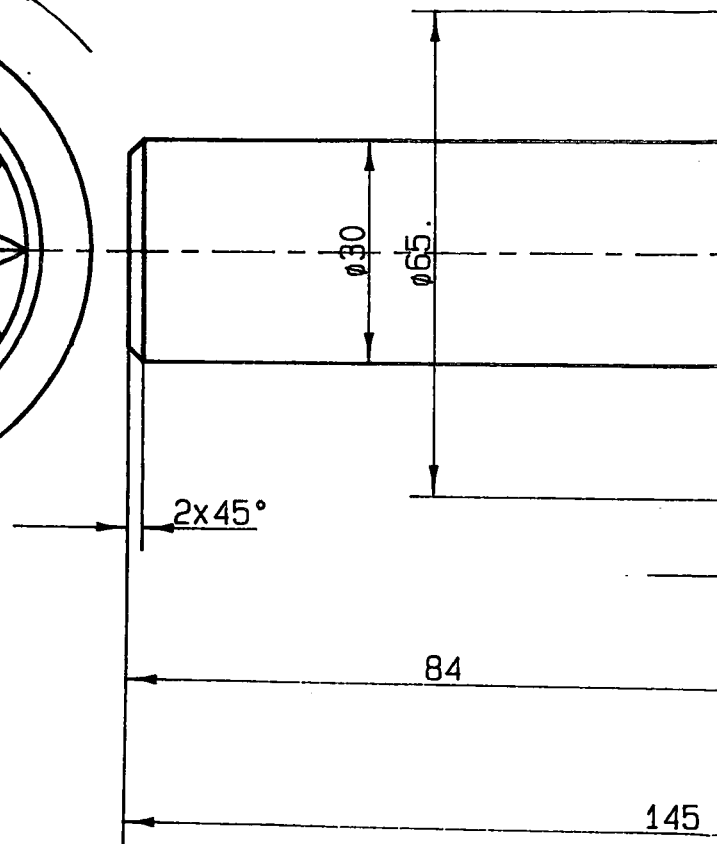
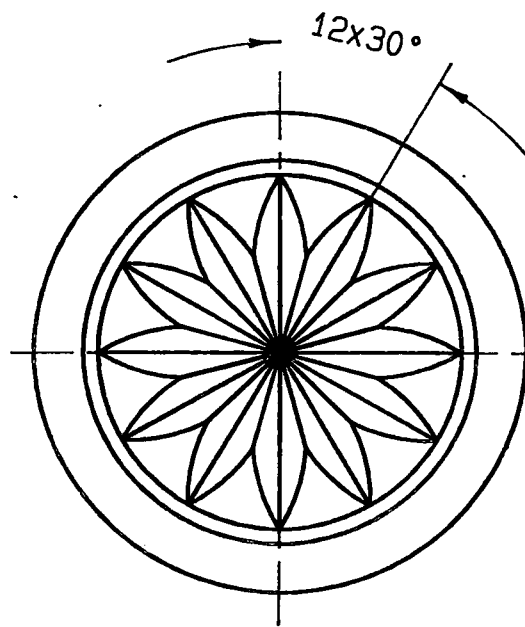
**/1/ Křipač J.: Konstruování pomocí počítače
Elektronika, 1989, č. 5.**

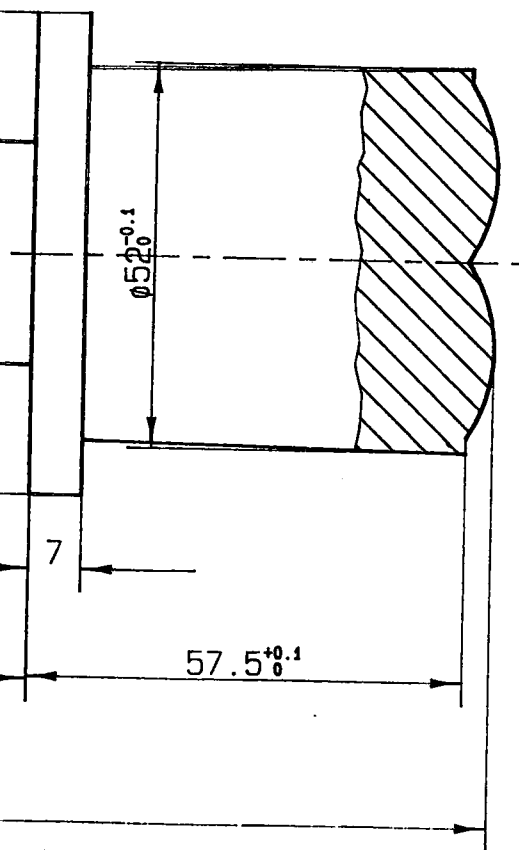
**/2/ Prof. ing. Bořivoj Hanuš DrSc a kol. Využití grafických
stanic pro automatizaci inženýrských prací
Výzkumná zpráva VŠST Liberec, Liberec 1989**

/3/ Výkresová dokumentace sklářských výrobků a forem

/4/ Dokumentace ke grafickému systému CAD

**/5/ Bachtík Stanislav : Využití grafické stanice pro návrh a
modelování sklářských forem
Diplomová práce VŠST Liberec, Liberec 1989**





A		CISLO SESTAVY		POZICE	JINE UDAJE			
VYKRES : 1	KRESLIL :	Kubáč	ZMENY _____ _____ _____	DATUM _____ _____	PODPIS _____ _____	D		
	KONTOLOVAL :					C		
	KOPIROVAL :					B		
	VEDOUCI :					A		
SST		NAZEV		STARY V. C.		NOVY V. C.		
IBEREC		DNO		CISLO VYKRESU				
				A3 - DP 205/92 - 05 - 01				