

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

FAKULTA STROJNÍ, 1. a 2. oddělení

Katedra sklářských a keramických strojů

Pracovní úkol: Zadání diplomové práce o vysokých
kvalitách výroby těsně diplomovou práci.

Pracovní úkol: Parametrizace složitých tvarů speciálních
skleněných kamenů v systému CAD/CAM pomocí
programu EUCLID-IS.

Parametrizace složitých tvarů speciálních skleněných
kamenů v systému CAD/CAM pomocí programu EUCLID-IS

Roman Čivrný

231/94

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146075379

Vedoucí práce: ing. Pavel Jirman

Konzultant: ing. Dalibor Cee

Rozsah práce:

počet stran: 50

počet obrázků: 18

počet tabulek: 1

120/943

VYSOKÁ ŠKOLA STROJNÍ A TEXTILNÍ V LIBERCI

Fakulta strojní

Katedra

Školní rok: 1993/94

sklářských a keramických strojů

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro

Romana

Č i v r n é h o

obor

23-17-8

Konstrukce strojů a zařízení

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

Název tématu: Parametrizace složitých tvarů speciálních skleněných kamenů v systému CAD/CAM pomocí programu EUCLID-IS

Zásady pro vypracování:

V dnešní době je prováděn návrh složitých tvarů většinou ručně pomocí různých modelovacích technik a materiálů dřeva, kovu, sádry apod. Dochází však k neúměrnému nárůstu času a nákladů.

S nástupem výpočetní techniky a vyspělých CAD/CAM systémů se objevuje možnost tyto operace ulehčit a podstatně urychlit. Vzniká možnost modelovat jeden vzor, který lze parametrizovat, vytvořit řadu a převést výsledek přímo do výroby na NC strojích.

Úkolem diplomové práce bude:

1. Seznámit se s programem EUCLID-IS na stanici SGI.
2. Provést rozbor parametrů vybraných tvarů složitých skleněných výrobků s ohledem na parametrizaci.
3. Navrhnout postup způsobů parametrizace vybraných tvarů.
4. Na vybraném příkladě dokumentovat použití parametrizace s rozvinutím řady výrobků se sledováním návaznosti NC výstupu

PROHLÁŠENÍ

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

v Liberci dne 27.5.1994

Roman Čivrný...

Roman Čivrný

OBSAH

1. ÚVOD	5
2. VÝROBA SKLENĚNÝCH KAMENŮ	7
2.1 TVAROVÁNÍ	7
2.2 ZUŠLECHŤOVÁNÍ	7
2.3 ZÁKLADNÍ PARAMETRY KAMENŮ	9
3. INTEGROVANÝ CAD/CAM	12
3.1 OBECNÁ CHARAKTERISTIKA CAD/CAM	12
3.2 TEORIE MODELOVÁNÍ	13
3.2.1 KŘIVKY	14
3.2.2 PLOCHY	17
3.2.3 ZPŮSOBY GEOMETRICKÉHO MODELOVÁNÍ	18
3.3 EUCLID-IS -VÝKONNÝ CAD/CAM SYSTÉM	19
3.4 PARAMETRIZACE V EUCLIDU	20
4. PARAMETRIZACE DANÉHO KAMENE	29
4.1 ROZBOR ZÁKLADNÍCH PARAMETRŮ	29
4.1.1 ROZBOR TVARU PŮDORYSU	31
4.1.2 ROZMÍSTĚNÍ FACET	34
4.2 PARAMETRIZACE DANÉHO OBJEKTU	38
5. ZÁVĚR	47
6. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ.....	49
7. LITERATURA	50

1. ÚVOD

Oblast sklářské výroby patří k tradičním oborům našeho hospodářství. Podle typů finálních výrobků můžeme sklářský průmysl rozdělit do několika základních oblastí. Ta oblast sklářské výroby, jež se zabývá výrobou skleněné bižuterie, je charakteristická zejména pro region Jablonce n. N. a Železného Brodu. V této oblasti má výroba bižuterie bohatou tradici a i v současnosti zde v tomto oboru úspěšně působí řada společností.

Po přechodu našeho hospodářství na principy tržní ekonomiky se výrobci museli přizpůsobit novým podmínkám. Pro současné období je charakteristické soustavné zvyšování konkurence v oblasti průmyslové výroby. Ze strany zákazníka je požadována stále větší kvalita výrobků a na druhé straně je snaha zkracovat jejich dodací lhůty. Výrobce na tyto poněkud protichůdné požadavky zákazníka musí reagovat zkrácením doby mezi ideovým návrhem a výrobou daného výrobku. Jedním z možných řešení je zavádění tak zvaných CAE-technologií (počítačem podporované inženýrské činnosti) do výroby.

Oblastí výroby skleněné bižuterie, a to zejména oblastí výroby skleněných kamenů vyráběných a. s. PRECIOSA, se zabývá tato diplomová práce. Cílem práce je ukázat jednu z možných cest, která by měla zefektivnit práci návrháře a konstruktéra při vývoji nových typů výrobků, či tvorbě katalogů stávajících kamenů s možnou návazností na NC-výrobu mačkářských forem.

Práce byla řešena na výkonných grafických stanicích SGI INDIGO americké firmy SILICON GRAPHICS. Po softwarové stránce byl použit CAD/CAM modul EUCLID-IS francouzské firmy MATRA DATAVISION. Součástí tohoto systému je tak zvaný parametrický způsob modelování, který je vhodný

zejména pro ty oblasti konstrukce, kde se vyskytuje velké množství tvarově podobných výrobků. Právě touto vlastností je charakteristická oblast výroby skleněných kamenů.

2. VÝROBA SKLENĚNÝCH KAMENŮ

Výrobu skleněných kamenů je možné rozdělit do několika základních etap. V první fázi je to tvarování resp. mačkání, po němž následuje broušení, leštění, popř. similizování kamene.

2.1 TVAROVÁNÍ

Tvarováním rozumíme proces udělení požadovaného tvaru roztavené viskozni sklovině. Výroba kamenů spadá do skupiny, kde je konečný tvar výlisku dán sklovině otiskem tvarovacího nástroje (formy). Konečný tvar je pak fixován zvýšením viskozity skloviny odvodem tepla formou. Celý tento proces se nazývá mačkání.

Ještě v období krátce po druhé světové válce se tento proces prováděl výhradně ručně a to pomocí tak zvaných mačkářských kleští, na jejichž konci je umístěna dvoudílná forma (kaplík). Ještě v současné době se celá řada výrobků mačká tímto způsobem, a to zejména výlisky větších rozměrů a kameny, od kterých je vyžadována vysoká jakost. Postupem času docházelo k postupnému ulehčování těžké práce mačkáře zaváděním mačkářských poloautomatů a automatů do výroby. Podle principu je můžeme rozdělit do dvou základních skupin (broková, bezbroková), a ty pak ještě podrobněji na jednotlivé typy.

2.2 ZUŠLECHŤOVÁNÍ

Broušení je proces, při kterém dochází k mechanickému opracování povrchu polotovaru, čímž dochází k zvýraznění jeho optických vlastností. U skleněných kamenů je tento proces charakteristický pro výrobu a zvýraznění plošek

na povrchu kamene (tzv. facet).

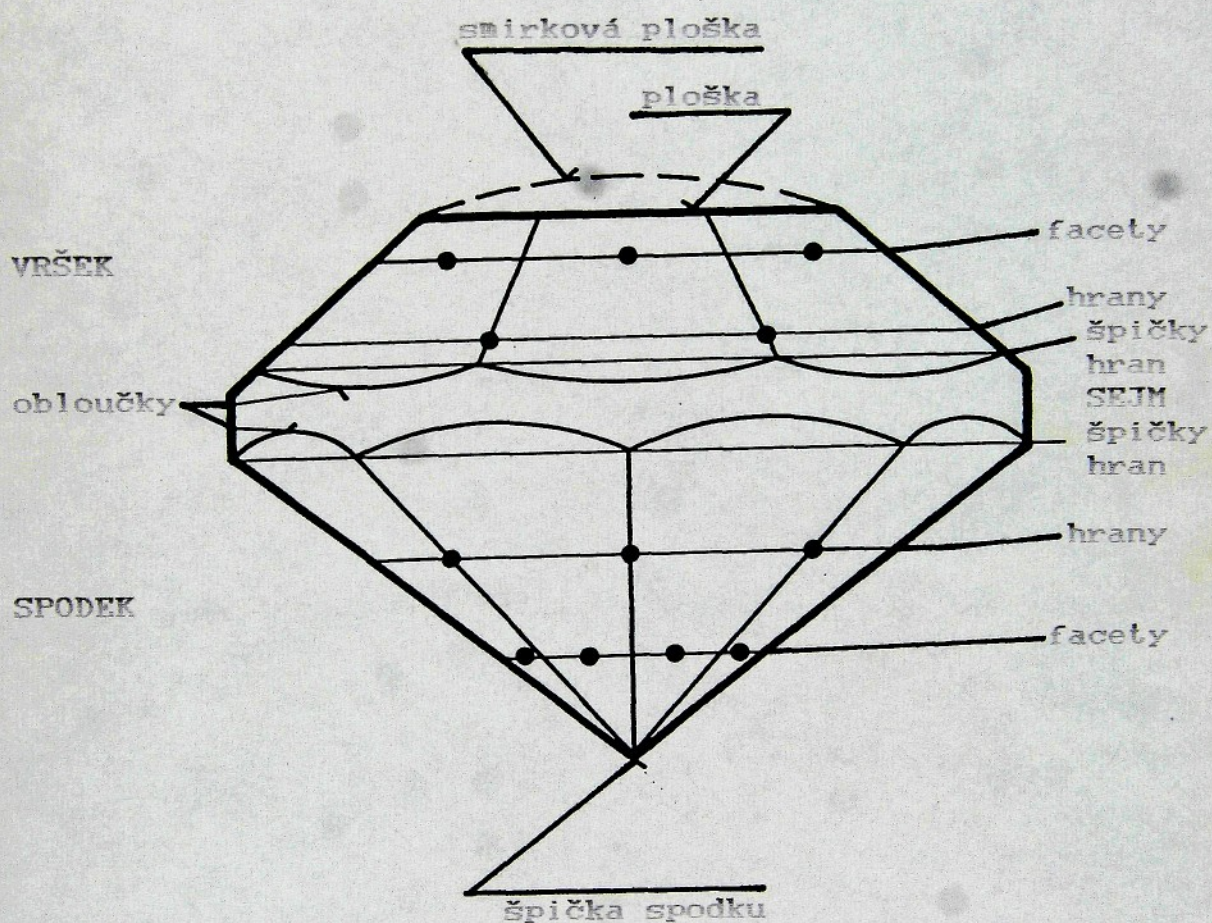
Podle konstrukce můžeme tyto brousící zařízení rozdělit na stroje s válcovým brusem a brousící stroje s plochým brusem (hladinářské brusky). Válcové brusky se používají zejména u výrobků menších rozměrů, kde je odchylka válcové plochy od ideálně rovinné téměř zanedbatelná. Hladinářské brusky se pak používají pro broušení výrobků, na které jsou kladeny vyšší požadavky a pro výrobky větších rozměrů, jako jsou například lustrové ověsy. Broušením se též odstraňují přelisky, které vznikají u brokového mačkání (tzv. brok). Brok se nejdříve nahrubo omele, a poté je kámen dobroušován načisto, což může být prováděno dvěma způsoby. Je to buď takzvané ploškování, kdy je broušena jedna nebo více facet tak, že v konečném efektu dojde k úplnému odbroušení broku. Druhým způsobem je tak zvané sejmování, což je postup, při kterém je přímo odbroušován po obvodu přebytečný materiál.

Pro zkvalitnění vzhledu následuje po broušení vyleštění kamene, které je prováděno různými způsoby (leštění vázaným nebo volným brusivem, leštění ultrazvukem).

Vybroušený, vyleštěný a vyčištěný skleněný kámen nemá lakový dokonalý optický efekt, jako dobře vybroušený přírodní kámen. Aby tento efekt byl zvýšen, opatřuje se spodek kamene odrazivou stříbrnou vrstvičkou, chráněnou zvenčí ochrannou lakovou vrstvou, čímž se na spodní straně kamene vytvoří zrcadlový efekt. Proces, kterým se tyto vrstvy na povrch kamene nanášejí, se nazývá simulizování.

2.3 ZÁKLADNÍ PARAMETRY KAMENŮ A JEJICH ROZDĚLENÍ

Výrobky tohoto typu slouží jako imitace polodrahokamů a drahokamů. Jejich sortiment je velmi široký a zahrnuje tisíce různých tvarů, barev, velikostí a povrchových úprav. Základní části kamenů a jejich názvosloví je uvedeno na obr. 2.



Obr. 2. Základní prvky kamenů

Dělení kamenů může být prováděno z několika různých hledisek. Základní rozdělení lze provést podle tvaru půdorysu. Ten může být složen z výhradně obloukových segmentů, což jsou například:

- kruhový půdorys
- ovál
- hruška
- naveta

nebo z přímkových segmentů:

- čtverec
- obdélník
- kosočtverec
- kosodélník

Další půdorysy mohou vznikat kombinací kruhových a přímkových segmentů.

Dále pak můžeme dělit tento sortiment podle toho, jestli jsou kameny facetovány jen z jedné strany, tak zvané jednostranné kameny, a poté jsou to kameny oboustranné, kde je tvarovaná i spodní strana kamene.

Další důležitou vlastností je způsob facetování, který se velkou mírou podílí na konečném optickém efektu výrobku. Ve většině případů je postup tvorby dán určitou pravidelností rozmístění facet (kromě tak zvaných fantazijních kamenů), a to zejména tak, že facetky leží na povrchu n -bokého jehlanu.

Každý kámen můžeme popsat kromě tvaru půdorysu ještě dalšími základními parametry. Jsou to jeho podélný a příčný rozměr, jeho výška, úhel sklonu základní facetky a krátnost. Ta udává kolika jehlany je facetování tvořeno (jsou to jednorátné, dvourátné a víckrátne kameny, které mohou přecházet v perly).

Z hlediska konečného zušlechťování (tj. broušení, leštění) můžeme kameny dělit podle toho, zda-li jsou broušeny a leštěny všechny facetky (tak zvané celobrusy, kameny které se nejvíce svým vzhledem přibližují

přírodním kamenům). Pak jsou to kameny, kde jsou broušením zvýrazněny jen některé facety a kameny nebroušené.

Jak je vidět podle předchozího popisu, je oblast rozdělení a vytváření katalogů všech typů vyráběných nebo připravovaných tvarů kamenů poměrně složitá oblast.

Jednu z možností, jak by bylo možno tuto oblast částečně zjednodušit a zkrátit čas mezi vývojem a výrobou, se snaží nastítnit tato diplomová práce. Spočívá ve využití integrovaných CAD/CAM systémů, zejména parametrizace.

3. INTEGROVANÝ CAD/CAM

Jak potvrzují poslední výzkumy, práce konstruktéra rozhoduje z více jak 80 % o úspěchu a realizaci výrobku na trhu. Oblast konstrukce zaujímá v průměru 35-50 % doby, která uplyne od nápadu ke zhotovení výrobku a připadá na ni značná část nákladů.

Jednou z možností, jak lze podstatným způsobem zefektivnit celou řadu předvýrobních a výrobních činností podniku, mezi něž patří oblast konstrukce, je zavádění tzv. CAE-technologií (Computer Aided Engineering, počítačová podpora inženýrských činností) do výrobních procesů. Jádrem těchto systémů jsou tzv. CAD/CAM systémy.

3.1. OBECNÁ CHARAKTERISTIKA CAD/CAM

Integrovaný CAD/CAM, jak název napovídá, vznikl integrací CAD (Computer Aided Design), což jsou systémy podporující konstrukční činnosti a CAM systému (Computer Aided Manufacturing), podporující oblast výroby zahrnující přímé řízení NC techniky, robotů, mezioperační dopravy výrobků, materiálů a nářadí.

Nejdůležitější charakteristikou integrovaných CAD/CAM systémů je databáze s těmito vlastnostmi:

- plně trojdimenzionální
- centralizovaná

(to jest každá změna v geometrickém modelu v jednom z pohledů se odráží do zbývajících)

- integrovaná

(tato vlastnost umožňuje vzájemné sdílení dat mezi jednotlivými moduly systémů, což znamená odbourání hranic mezi jednotlivými odděleními podniku)

Základní výhody aplikace integrovaných CAD/CAM systémů jsou:

- zkrácení výrobního cyklu výrobku
- kratší čas realizace výrobku na trhu
- snížení rozpracovanosti výroby
- omezení mezikladů
- vysoká kvalita výrobků
- úspory pracovních ploch
- zvýšení flexibility podniku
- nižší celkové náklady

3.2 TEORIE MODELOVÁNÍ

Modely 2D a 3D (drátové, povrchové, objemové) a techniky modelování lze využít jen za důkladného pochopení konstrukce geometrických křivek a ploch. I když technické a programové vybavení se vyvíjí velmi rychle, základní prvky metod modelování zůstávají stejné.

Stavebními prvky konečného modelu jsou bod, úsečka, plocha, objem.

Bod nebo vrchol je entita nulového rozměru definovaná souřadnicí (např. X, Y, Z).

Čára je jednorozměrná entita, která je rovná, nebo může být určitým způsobem zakřivená. Může existovat v několika podobách. Jako přímá čára, kruhový oblouk, elipsa, parabola, hyperbola, nebo vyjadřuje tvar různých funkcí. Může být popsána:

- explicitně $z = f(x, y)$
- implicitně $f(x, y, z) = 0$
- parametricky $x = x(t)$
 $y = y(t)$
 $z = z(t)$

Plocha nebo povrch je dvojrozměrná entita. Může být rovinná, válcová, kulová, kuželová, nebo je plocha dána matematickou funkcí n -tého řádu.

Objemový model již vyžaduje k popisu třírozměrný prostor. Každý bod tělesa, ať už se jedná o vrchol, bod na hraně, nebo uvnitř tělesa, je definován souřadnicí (X, Y, Z) .

3.2.1 KŘIVKY

Rovinné křivky mohou být popsány rovnicemi prvního a druhého řádu. Přímka v rovině XY může být popsána tvarem:

$$y = ax + b$$

a ...směrnice

b ...průsečík s osou y

Je to explicitní vyjádření ve tvaru $y = f(x)$.

Příkladem rovnice druhého řádu může být rovnice kružnice

$$(x-a)^2 + (y-b)^2 - r^2 = 0$$

kde a, b jsou souřadnice středu kružnice a r je její poloměr. Je to implicitní vyjádření. Další typy rovinných křivek jsou elipsy, paraboly a hyperboly.

Jednoduchá prostorová křivka je popsána kubickou rovnicí. Pro popis je nejvhodnější parametrický tvar:

$$x(t) = a_x t^3 + b_x t^2 + c_x t + d_x$$

$$y(t) = a_y t^3 + b_y t^2 + c_y t + d_y$$

$$z(t) = a_z t^3 + b_z t^2 + c_z t + d_z$$

kde a, b, c, d jsou součinitelé,

t je parametr ovlivňující tvar křivky. $t \in \langle 0, 1 \rangle$

Pro definování průběhu křivky musí být určeno 12 součinitelů, to znamená definování čtyř bodů (X,Y,Z) v prostoru. Tyto body bývají nazývány jako řídící body křivky. Tři nejpoužívanější formy kubických křivek jsou Fergusonovy, Bezierovy a B-spline.

- FERGUSONOVY KŘIVKY

Fergusonovy křivky jsou popsány dvěma koncovými body a směrnicemi v těchto bodech. Jsou dány polohové vektory těchto bodů a tečné vektory v těchto bodech. Fergusonova křivka je dána rovnicí:

$$R(t) = F(t)G + F(t)H + F(t)g + F(t)h$$

G, H ... polohový vektor krajních bodů křivky

g, h ... tečné vektory v krajních bodech

R(t) ... polohový vektor bodu křivky

t ... parametr

platí: $R(0) = G$

$$R(1) = H$$

$$R'(0) = g$$

$$R'(1) = h$$

Po úpravách mohou být vyjádřeny čtyři řídící polynomy, které vyhovují zadaným podmínkám.

$$F_1(t) = 2t^3 - 3t^2 + 1$$

$$F_2(t) = -2t^3 + 3t^2$$

$$F_3(t) = t^3 - 2t^2 + t$$

$$F_4(t) = t^3 - t^2$$

BEZIEROVY KŘIVKY

Tato křivka je dána polygonem určeným polohovými vektory krajních bodů jednotlivých segmentů. Bezierova křivka je určena rovnicí:

$$R(t) = \sum_{i=0}^m P_i B_{im}(t)$$

$R(t)$... polohový vektor bodu křivky

P_i polohový vektor krajních bodů jednotlivých segmentů

B_{im} Bernsteinovy polynomy

Křivku je možno modifikovat určujícími body daného polygonu.

B - SPLINE

B-spline jsou kombinací předcházejících dvou typů křivek. Je též stanovena čtyřmi řídícími body, ale křivka neprochází žádným z nich. Jednotlivé křivky se na sebe mohou navazovat překrytím řídících bodů. Oblouk obecného kubického Coonsova B - spline je určen rovnicí:

$$R(t) = 1/6 \sum_{i=1}^3 P_i C_i(t)$$

$R(t)$... polohový vektor bodu křivky

P_i polohový vektor řídícího bodu

C_i Coonsovy báze funkce

$$C_0(t) = (1-t)^3$$

$$C_1(t) = 3t^3 - 6t^2 + 4$$

$$C_2(t) = -3t^3 + 3t^2 + 3t + 1$$

$$C_3(t) = t^3$$

3.2.2 PLOCHY

- BIKUBICKÉ PLOCHY

Bikubické plochy se vyznačují stejnými výhodnými vlastnostmi jako bikubické křivky. To znamená, že každá křivka je definována určitým počtem řídicích bodů, směrnicemi a jejich kombinacemi.

- FERGUSONOVY PLOCHY

Fergusonova bikubická plocha je založena, stejně jako křivka, na kombinaci řídicích bodů a směrnic. Celkem šestnáct údajů o této ploše v sobě zahrnuje čtyři rohové body, osm směrnic v těchto bodech. Zbylé čtyři hodnoty se nazývají jako vektory zkroucení. Tyto vektory definují vnitřek plochy tak, že určují, jak se směrnice mění podél hrany. Plochy mohou být přetvářeny změnou těchto definičních bodů.

- BEZIEROVY PLOCHY

Podobně jako křivka, která je dána čtyřmi body, je Bezierova plocha definována šestnácti řídicími body. Vzniklá síť je sestavena z čar, které se protínají v šestnácti bodech. Ty vyjadřují hranice a vnitřek plochy. Složené plochy se napojují tak, jako by byly přeplátovány, z čehož plyne, že směrnice ploch v hraničních křivkách musí být stejné.

- B - SPLINE PLOCHY

I tyto plochy jsou založeny na existenci šestnácti řídicích bodů. Tak jako u B-spline křivek, i zde platí

to, že plocha řídícími body neprochází. Zrovna tak i složené plochy vznikají překrytím řídících bodů. Složené B-spline plochy jsou sice jen prvního a druhého řádu, přesto jsou mnohem hladší než Bezierovy nebo Fergusonovy plochy.

3.2.3 ZPŮSOBY GEOMETRICKÉHO MODELOVÁNÍ

3D modely lze konstruovat několika základními filozofiemi.

K nejstarším způsobům tvorby 3D modelů patří konstrukce drátových modelů. Uživatel zadává souřadnice bodů, které program spojuje přímkovými segmenty, úsečkami a kruhovými segmenty. Tím vzniká model prostorového tělesa, který vypadá, jako by byl sestaven z drátů. Nedostatkem je to, že u drátových modelů není možno zjistit plošné a objemové údaje.

U těch programových systémů, které umožňují konstrukci ploch, je možné vytvářet povrchové modely. Nejdříve si uživatel nadefinuje čáry a křivky, z kterých budou konstruovány plochy. Z takto vytvořených ploch je možno sestavit konečné těleso.

Dalším způsobem modelování je tvorba tzv. objemových modelů. Konečné těleso je složené z dílčích objektů, části jednotlivých objektů se mohou odstraňovat, lze konstruovat rozmanité rotační tvary atd. Složitě modely se mohou tvořit pomocí jednoduchých primitiv. Objemové modelování může být prováděno různými technikami. K nejpoužívanějším patří tzv. metoda CSG a metoda BREP.

Metoda CSG je založena na použití Booleovských operací se základními objemovými primitivami. Základem BREP metody je zpracování existujících mezních hran všech ploch tělesa. Tyto úsečky a plochy musí být orientovány tak, aby tvořili platné objemy. Tyto dvě metody se liší také ve způsobu uchování dat. Jako nejúspornější způsob se

jeví způsob u metody CSG, který obsahuje umístění a definice primitiv a Booleovské operace mezi nimi. Způsob uložení dat BREP je mnohem mohutnější, obsahuje všechny vrcholy, hrany a plochy. Velikost takové databáze je pak závislá na počtu hran tělesa.

3.3. EUCLID-IS - VÝKONNÝ CAD/CAM SYSTÉM

Je to vysoce výkonný CAD/CAM software, v němž může konstruktér modelovat několika základními technikami. Je to plně trojdimenzionální povrchové, objemové, parametrické a dvojdimenzionální modelování, přičemž jednotlivé techniky lze vzájemně kombinovat.

Práce s modely je uskutečněna nad objektově orientovanou databází, která umožňuje integraci návrhů s analýzou a výrobou. Během konstrukce modelu je možno pomocí adaptivního modeláře provádět na stávajícím modelu změny. Euclid obsahuje též velmi rozsáhlé možnosti práce s křivkami (Bezierovy, B-spline, Fergusonovy) a volně tvarovatelnými plochami. Je možné převádět model vytvořený v objemovém modeláři na model povrchový a naopak.

Součástí Euclidu je též možnost vizualizace modelů pomocí fotorealistického renderingu. CAM modul pak zajišťuje tvorbu programů pro číslicově řízené stroje. Soubory vytvořené v tomto systému mohou být přetransformovány pomocí neutrálního souboru IGES do jiných souborů, což je možno využít při přenosu dat modelu do jiných souborů, jako například do souboru ANSYS umožňující výpočty metodou konečných prvků. Dále je pak možno model převádět do výkonných designerských softwarů, jako je například ALIAS.

K otevřenosti systémů též přispívá i možnost tvorby uživatelských nadstaveb v prostředí programovacího jazyka FORTRAN nebo C.

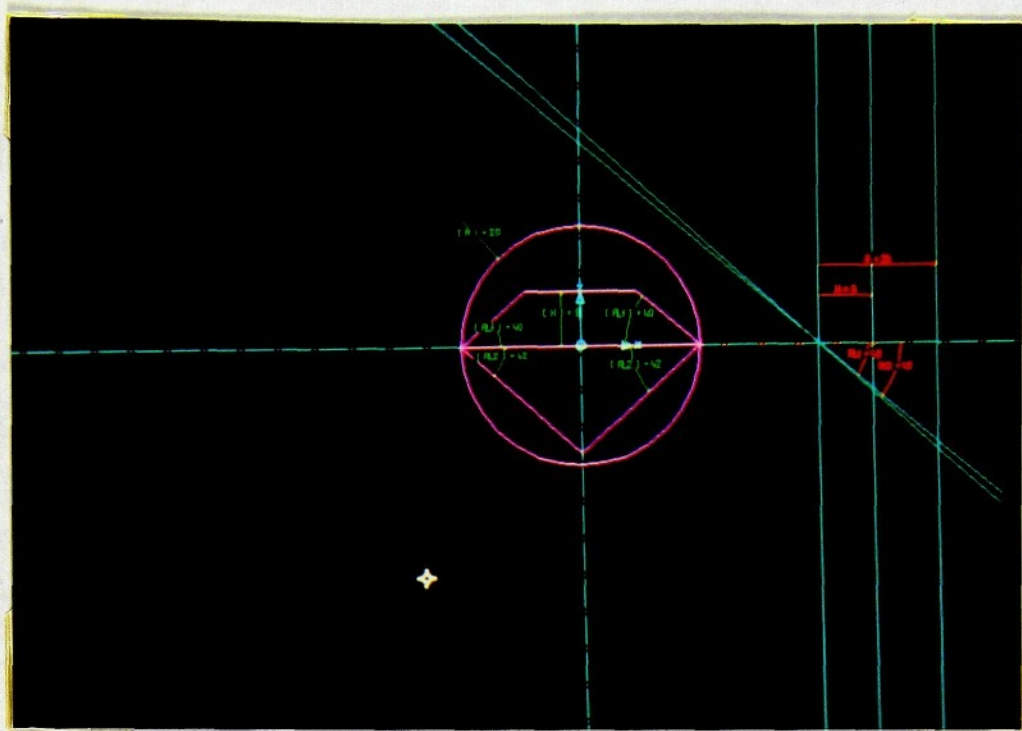
3.4. PARAMETRIZACE

Ve sklářské výrobě, především pak v oblasti bižuterie, jež se zabývá výrobou skleněných kamenů, se vyskytuje velké množství tvarově podobných výrobků, které se od sebe liší pouze svými základními rozměry, počtem facet, jejich sklonem a umístěním. Této tvarové podobnosti lze se značným efektem využít při tvorbě databáze stávajících výrobků, nebo je možno vytvářet zcela nové tvary.

K tomuto účelu lze velice výhodně použít již zmiňovaný způsob modelování, tj. parametrizace, která bývá součástí některých výkonnějších grafických systémů, například EUCLID-IS.

Základní filozofie tohoto modelování spočívá ve vytváření základních tvořících kontur v dvojdimenzionálním parametrickém okně a jejich následném žádoucím rozmístění do prostoru. Z takto připravených kontur je potom možno vytvářet v objemovém modeláři základní tělesa, z nichž kombinací Booleovských operací (průnik, součet, rozdíl) vzniká výsledný model. Tento model je možno následně modifikovat.

Pro názornost je dále uveden postup parametrizace poměrně jednoduchého typu kamene. Jedná se o osmifacetový jednorázový šatón. Na obr. č. 2 je znázorněno konečné parametrické zpracování tohoto kamene.



obr. č. 2 Parametrické zpracování
šatonu

Na fotografii jsou jednotlivé části výkresu rozděleny barevně, a to podle toho, jakou plní ve výkresu funkci:

modrá - čerchovaná - osy X, Y
- plná - pomocné přímky

fialová - základní tvořící kontury

červená - editovatelné parametry

zelená - parametry přiřazené k dané kontuře

V následující části je uveden postup tvorby tohoto zparametrizovaného modelu. Po běžném způsobu přihlášení do systému EUCLID následuje :

`parametrics - begin proces` - po tomto příkazu, jež označuje začátek procesu parametrizace, naskočí na obrazovku parametrické okno s osami X,Y.

Poté je možno začít konstrukci dvěma trochu odlišnými způsoby:

- 1 - Vytvořit si pomocnou přímku paralelní s některou z os X, Y a k ní pak vztahovat parametry, které budou chtít následně editovat. Také je výhodné si k této pomocné přímce vztahovat veškeré vztahy určující konstrukci kontury. Tento způsob je výhodný z hlediska konečné přehlednosti obrázku. Konečný efekt je pak znatelný zejména u složitých modelů.
- 2 - Začít přímo kreslit pomocné čáry nezbytné pro konstrukci tvořících kontur. Tento způsob je rychlejší ve fázi konstruování, ale u složitějších tvarů se stává konečný obrázek velmi nepřehledný a náročný na orientaci ve fázi editování parametrů modelu

Jestliže jsou připraveny všechny potřebné parametry, je možno přistoupit k samotné konstrukci:

`circle` - vytvoření kružnice, jež je základem pro kruhový půdorys

line - 1 element - angle - vytvoření pomocných čar pro
následnou konstrukci
jednotlivých tvořících kon-
tur, které budou tvořit fa-
cetování

Je potřebné vytvořit zvlášť konturu pro vršek a spodek kamene, protože je facetování vršku a spodku vzájemně pootočeno o 22.5° . Protože je nutné vytvořit požadovaný počet facet, a jelikož jednou konturou je možno vytvořit pouze jeden konturový hranol tvořící maximálně dvě protilehlé plošky (v tomto případě), tzn. pro osm facet jsou potřebné čtyři tvořící hranoly. Konstruovat pro každou konturu zvlášť pomocné čáry by bylo velmi zdoluhavé, proto je dobré vytáhnout již vytvořenou konturu ještě třikrát. Je to výhodné i pro editaci, kdy se dá změnou jednoho parametru (úhel sklonu facet) změnit u všech facet najednou. Takto vytvořené kontury jsou připraveny ke konstrukci tvořících těles budoucího modelu, které již probíhá ve 3D. Následují příkazy:

parametrics - end proces - zmizí parametrické okno

extract contour - v základním prostoru se objeví paramet-
rizované kontury

V této fázi je nutné připravené obrysy vhodně umístit do prostoru, tzn. čtyři vrchní a čtyři spodní kontury otočit o 90° vůči základní kruhové kontuře. Jednotlivé kontury je pak nutné vzájemně proti sobě pootočit o úhel vypočtený dle následujícího vztahu:

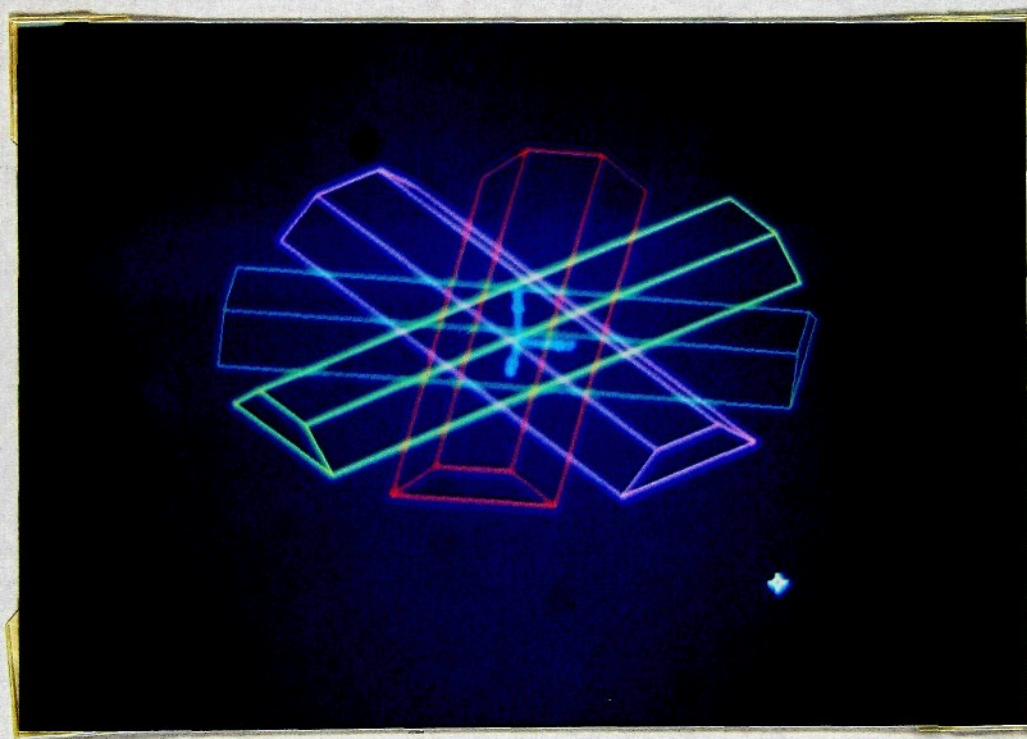
$$\delta = 360/N$$

δúhel vzájemného pootočení kontur

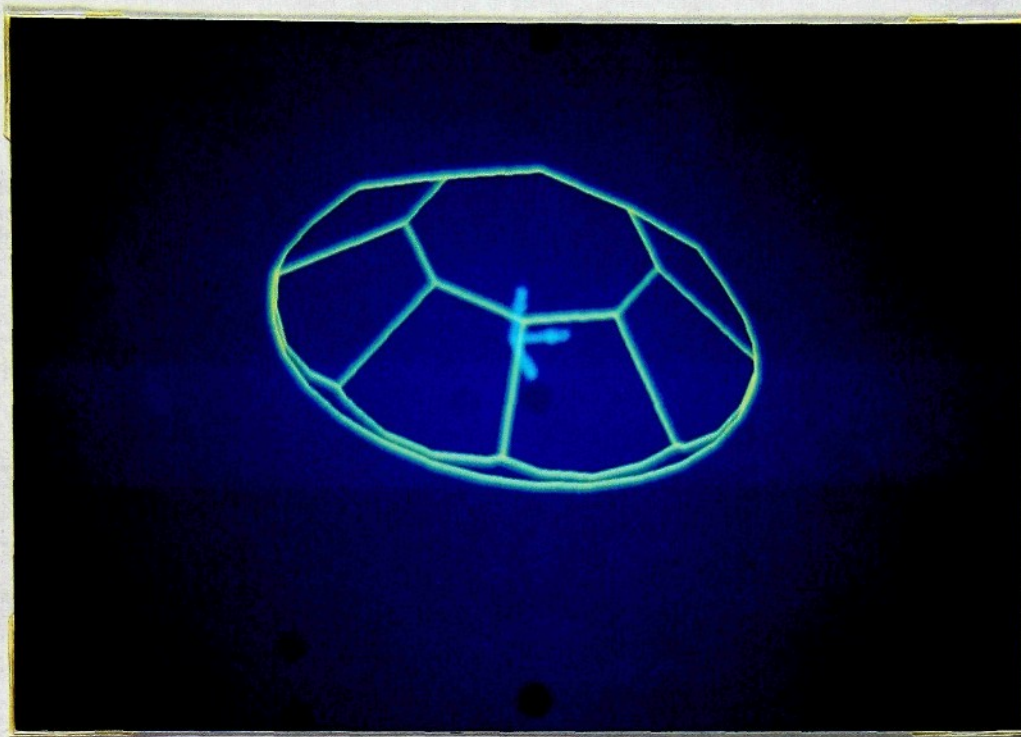
N....počet základních facet

Protože u tohoto typu šatonu jsou spodní facety pootočený o 22.5° vůči vrchním, je nutno nejdříve všechny čtyři spodní kontury pootočit o tento úhel, a poté pokračovat v rozmísťování jednotlivých kontur stejným způsobem, jako bylo uvedeno u vršku.

Z takto připravených obrysů je už možno zkonstruovat tvořící tělesa budoucího modelu. Výsledný model je pak vytvořen z těchto těles pomocí tzv. Booleovských operací tzn.: součinu, rozdílu a průniku. V tomto případě je vrchní část šatonu průnikem čtyřech vrchních prizmat a prizmatu vytvořeného z kruhového půdorysu (viz obr. 3, 4).



Obr. 3 Tvorba konečného tělesa
ze základních primitiv



Obr. 4 Výsledné těleso vzniklé
topologickou operací common (průnik)

Stejným způsobem je vytvořena i spodní část šatonu. Konečný model získáme součtem dvou připravených průniků. Celá tato konstrukce probíhá v tzv. objemovém modeláři. Pro tvorbu základních primitiv jsou používány nejčastěji tyto operace:

solids - prisma - označením základny a zadáním výšky vzniká hranol s daným tvarem půdorysu

solids - vary volume - zadáním základny a cesty tažení lze získat tělesa tvaru kužele nebo n-bokého jehlanu (dle tvaru základny)

U tohoto modelu je možno editovat tyto základní parametry:

D - průměr půdorysu

H - výška kamene a tím velikost facety rovnoběžné s půdorysem

AL1 - úhel sklonu facet vrchní části kamene

AL2 - úhel sklonu facet spodní části kamene

Postup modifikace modelu je následující:

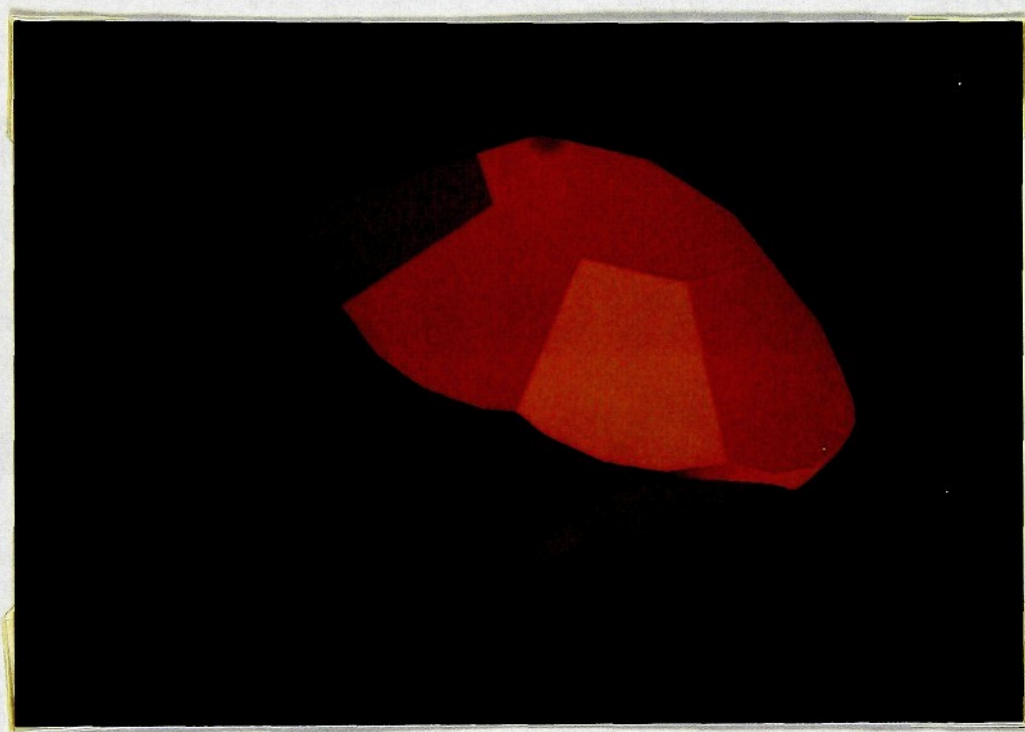
solid - edit - modifi - po označení objektu, který má být modifikován, se objeví automaticky parametrické okno se všemi konturami a kótami.

Po změně jednoho nebo více parametrů následuje:

end proces - parametrické okno zmizí a v základním prostoru jsou čárkovaně naznačená změněná tvořící tělesa

recalculate - dojde k postupnému přepočítání všech topologických operací a je znázorněn zeditovaný objekt

Na následující fotografii je znázorněn výsledný model šatonu pomocí fotorealistického renderingu.



Obr. č. 5 Fotorealistický model
šatonu

Výhodou tohoto modelování je značné snížení nároků na kapacitu databáze. Celá tvarová nebo rozměrová řada v podstatě vychází ze základního modelu. Její vytváření je velmi rychlé a nenáročné (viz obr. č. 6)



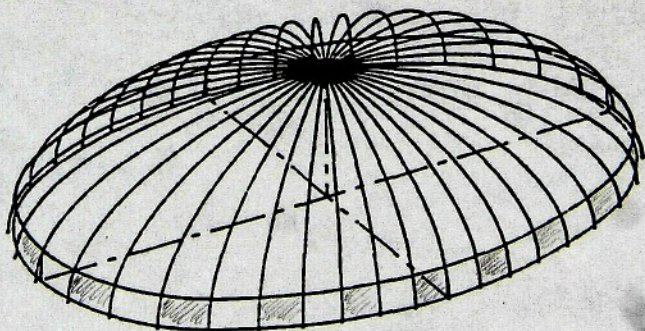
Obr. č. 6 Rozměrová řada šatonu

4. PARAMETRIZACE DANÉHO TYPU KAMENE

Cílem diplomové práce bylo zkonstruovat co nejuniverzálnější model, pomocí kterého by bylo možné vytvořit co nejvíce druhů kamenů. K parametrizaci byl vybrán typ kamene, který je v podnikovém katalogu nazvaný jako HAMERSCHLAG.

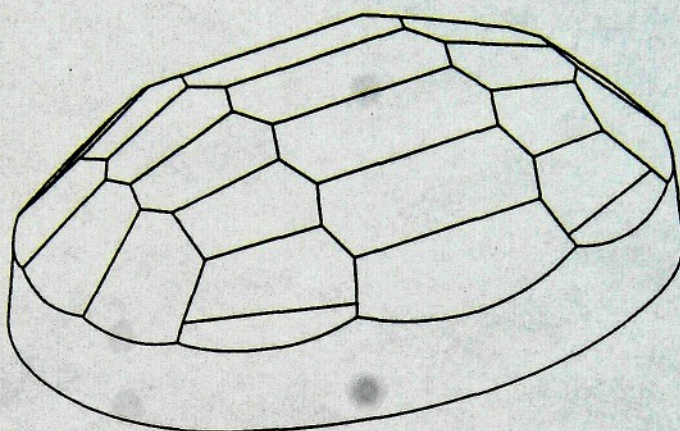
4.1 ROZBOR ZÁKLADNÍCH PARAMETRŮ

Základní rozměry (délka L , šířka B , výška H) vycházejí z rozměrů tzv. MUGLE NÍZKÉ jejíž model je na obr. 6. Jde o jednostranný nefacetovaný kámen, jehož vrchní plocha je vytvořena rotací elipsy po půdorysu.

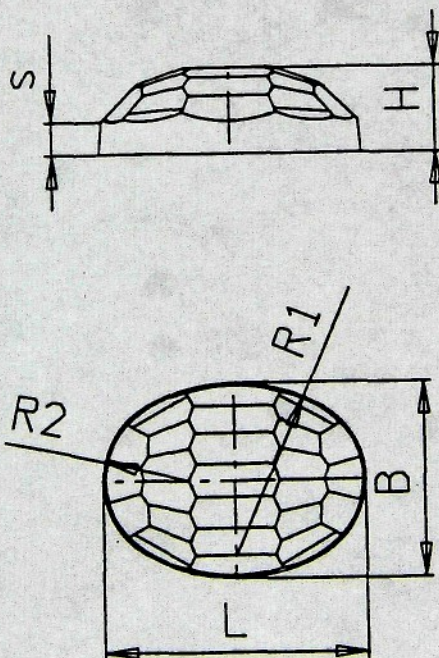


Obr. 7 Mugle nízká

Drátový model HAMERSCHLAGU vytvořený v systému Multicad, což je CAD-systém založený na tvorbě drátového modelu neumožňující parametrizaci, je na obr. 8, jeho určující parametry jsou pak na obr. 9, kde je znázorněn nárys a půdorys tohoto kamene.



Obr. 8 Drátový model HAMERSCHLAGU



Obr. 9 Základní parametry HAMERSCHLAGU

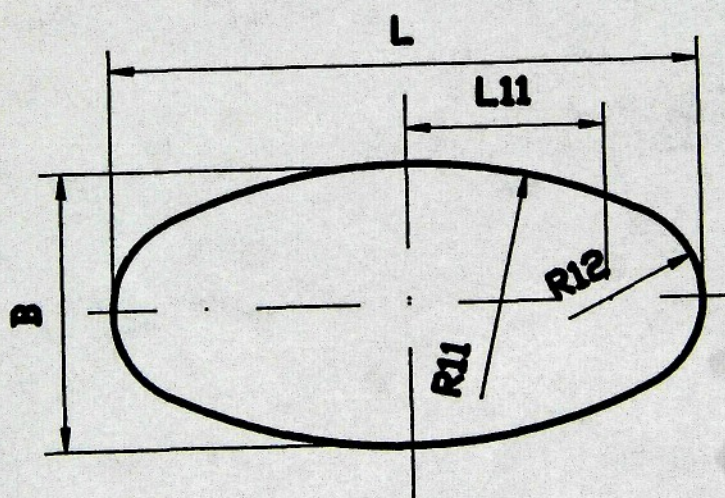
4.1.1. ROZBOR TVARU PŮDORYSU

Z předchozích obrázků je patrné, že se jedná o jednostranný kámen eliptického půdorysu. Základem pro odvození konstrukčního vzorce půdorysu je nahrazení elipsy oskulačními kružnicemi. Nezávislými parametry, které udávají tvar tohoto půdorysu jsou:

L - délka kamene

B - šířka kamene

V následující části je uvedeno odvození konstrukčního vzorce společně s obr.10, na kterém jsou uvedeny jednotlivé parametry.



Obr.10 Parametry eliptického půdorysu

Odvození konstrukčního vzorce eliptického půdorysu:

Pro nahrazení elipsy oskulačními kružnicemi platí:

$$R_{11}/a = a/c \quad a, c \dots \text{velikosti hlavní a vedlejší poloosy}$$

$$R_{11} = a^2/c$$

$$(R_{11}-B/2)^2 + (L/2-R_{12})^2 = (R_{11}-R_{12})^2$$

$$R_{11} = L^2/(2 \times B)$$

$$R_{12} = ((L+B) \times B / (4 \times L))$$

Parametry L , B jsou nezávislé. Určují základní rozměry půdorysu.

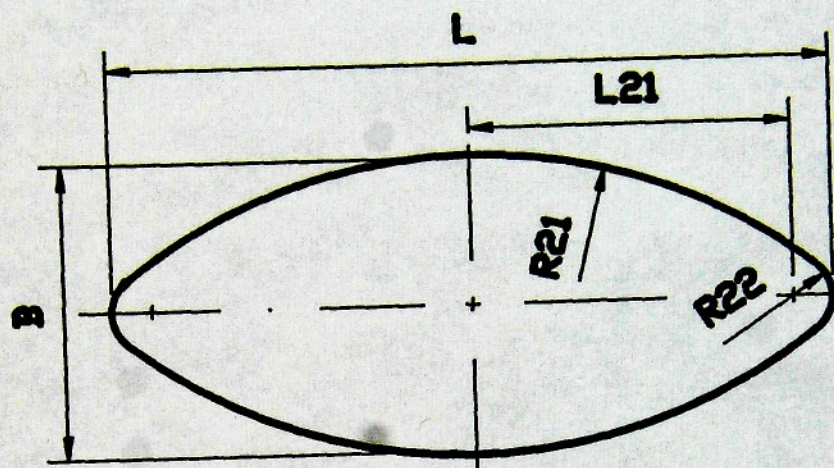
Parametrizace by měla umožnit přechod i na jiné typy půdorysů. Konstrukční vzorec eliptického půdorysu umožňuje přechod na půdorys kruhový, položíme-li $L = B$. Pro půdorysy tvaru HRUŠKA a NAVETA jsou v následující části společně se schematickými obrázky uvedeny odvození konstrukčních vzorců.

Odvození konstrukčního vzorce NAVETY s nezávislými parametry L , B .

$$R_{22} = \text{konst.}$$

$$(R_{21}-B/2)^2 + (L/2-R_{22})^2 = (R_{21}-R_{22})^2$$

$$R_{21} = 0.25 \times (B + 2 \times R_{22} + ((L - 2 \times R_{22})^2 / (B - 2 \times R_{22})))$$



Obr.11 Základní parametry
půdorysu - NAVETA

Odvození konstrukčního vzorce tvaru HRUŠKA, jehož rozměry jsou určeny parametry L, B.

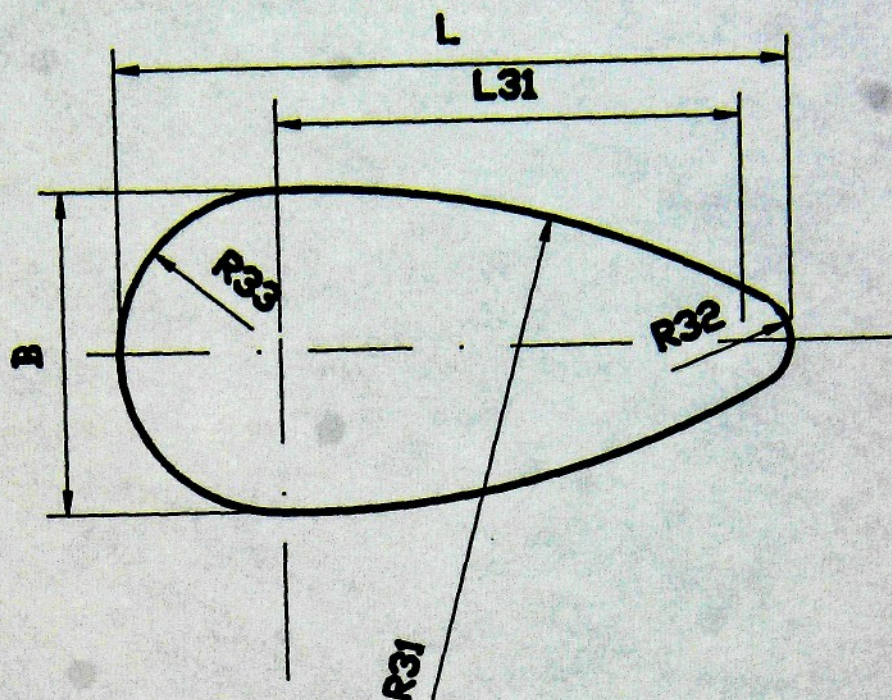
$$(R31 - R32)^2 = (R31 - B/2)^2 + ((L - B/2) - R32)^2$$

$$R31 = 0.25 \times (B + 2 \times R32 + ((2 \times L - B - 2 \times R32)^2 / (B - 2 \times R32)))$$

$$R32 = \text{konst.}$$

$$R33 = B/2$$

$$L31 = L - B/2 - R32 \quad L32 = 0$$

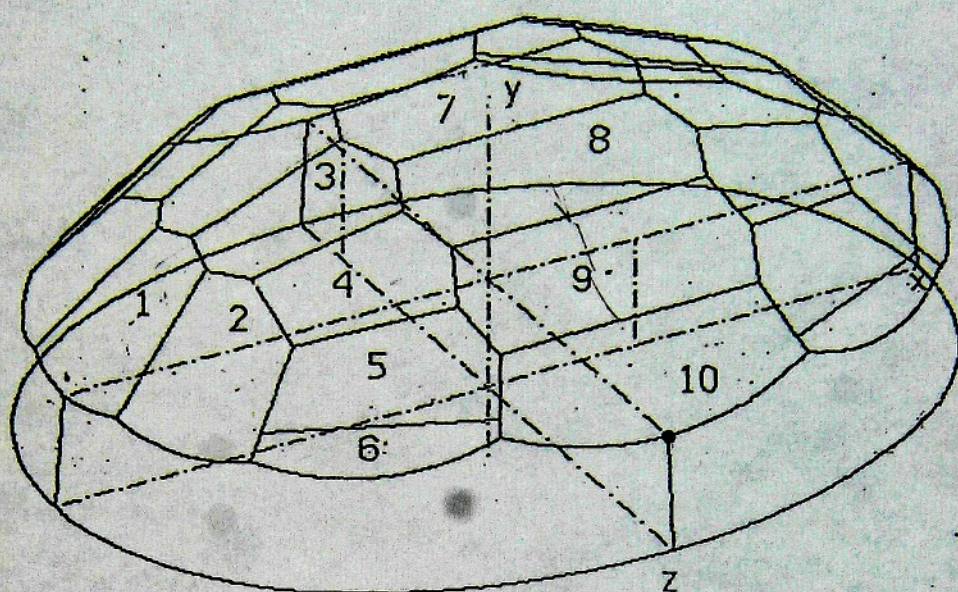


Obr. 11 Základní parametry
půdorysu - HRUŠKA

4.1.2. ROZBOR ROZMÍSTĚNÍ FACET

Zejména uspořádání facet rozhoduje o výsledném optickém efektu daného typu výrobku. Téměř každý kámen se vyznačuje určitou pravidelností rozmístění facet.

U vybraného typu můžeme umístění plošek rozdělit do třech základních pásem. Pro popis nám postačí pouze čtvrtina kamene, protože ten je symetrický podle dvou rovin. Pro lepší orientaci je model znázorněn na obr. 12, kde jsou jednotlivé facety očíslovány a hodnoty jednotlivých úhlů, charakterizující umístění facety, jsou v tab. 1. Tyto úhly jsou kromě facet 1,2 výsledkem konstrukce zcela určitého rozměru HAMERSCHLAGU.



Obr. 12 Označení jednotlivých facet

FACETA	ÚHEL (°)	
	δ	β
1	45	90
2	45	60
3	21.528	67.319
4	33.158	41.861
5	48.442	33.505
6	46.901	31.933
7	0	0
8	17.298	0
9	34.596	0
10	51.894	0

Tab. 1 Úhly facet

8... úhel svírající průsečnice facety s rovinou XY s osou
x

stopa?
9... úhel svírající spádnice dané facety s rovinou XZ

První určující podmínkou pro konstrukci facetování je to, že nejnižší body průsečnic mezi základní plochou a facetami 1,2,6,10 leží ve stejné rovině.

Facety 1,2 jsou zcela jednoznačně určeny dvěma úhly a jsou na ostatních konstrukčně nezávislé.

Další konstrukční pásmo tvoří facety 7,8,9,10, které jsou vybroušeny na válcové ploše. Tyto jednotlivé facety pak dělí danou válcovou plochu po pravidelných úsecích. V následující části je pak odvozen vztah pro určení poloměru válcové plochy, jejímž výsledkem by měla být funkční závislost ve tvaru:

$$D = f(B, H, N)$$

D - poloměr válcové plochy

B - šířka kamene

H - výška kamene

N - počet facet na válcové ploše

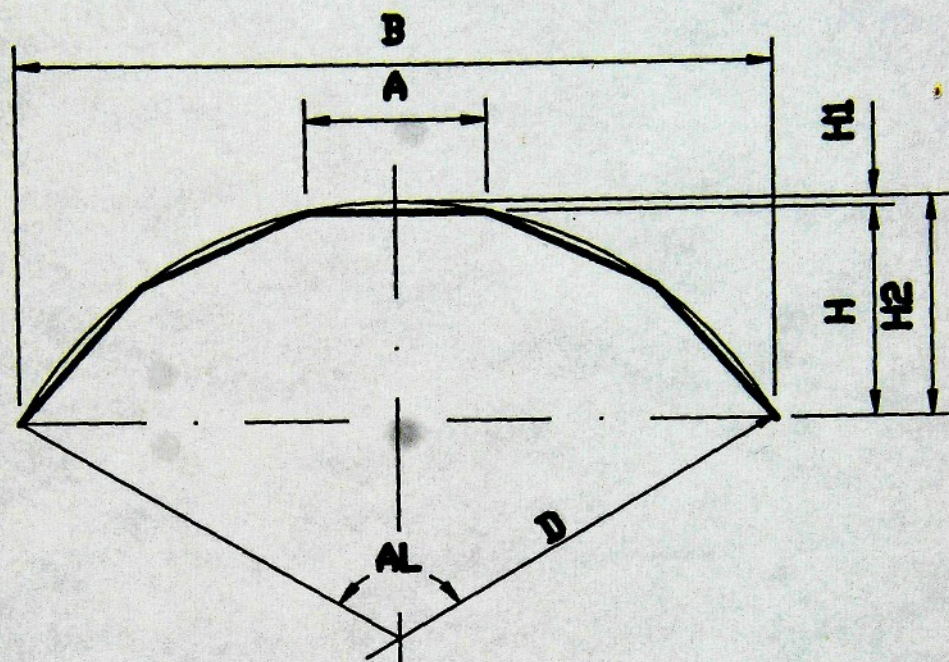
Odvození vztahu vychází z obr. 12.

$$D = \frac{B}{(2 \times \sin(AL/2))}$$

$$B^2/4 = D^2 \times (1 - \cos^2(AL/2))$$

$$B/2 \times H = (\sin(AL/2) / (\cos(AL/2 \times N) - \cos(AL/2)))$$

Krokováním tohoto vztahu lze získat úhel AL , ze kterého lze vypočítat ploměr válcové plochy D .



Obr. 12 Rozmístění facet na válcové ploše

Bohužel se podařilo vyjádřit funkční závislost k poloměru válcové plochy pouze implicitně, což se nedá v parametrizaci přímo použít. Proto byl stanoven interpolací náhradní vztah, který s danou přesností nahrazuje vztah odvozený v předchozí části:

$$D = (1 - (1/(2 \times N^2))) \times (((B/4)^2 + H^2) / (2 \times H))$$

Pro poslední třetí pás facet je charakteristické, že se jejich hrany protínají v jednom bodě, který leží v rovině obloučků. Další konstrukční podmínkou pro toto pásmo je to, že hrany vycházejí z půlek facet tvořících válcovou

plochu a hrana facety 3, ležící v rovině XZ, svírá s osou X úhel 20° . Faceta 6 musí být opět zkonstruována tak, že nejnižší bod průsečnice leží ve stejné rovině s ostatními.

4.2 PARAMETRIZACE DANÉHO OBJEKTU

Protože se jedná o poměrně složitý objekt, je výhodné si v dané fázi všechny již dříve odvozené vztahy, důležité pro konstrukci všech čtyř typů půdorysů, definovat mimo oblast, kde budou konstruovány tvořící kontury. Je to vhodné z hlediska konečné přehlednosti při následné modifikaci.

Každý parametr je označen dvěma pomocnými indexy, z nichž první označuje, o kterou konturu se jedná. Druhý pak přesněji definuje daný parametr. Indexy určující typ půdorysu jsou rozděleny takto:

1 - Ovál, kruh

2 - Navěta

3 - Hruška

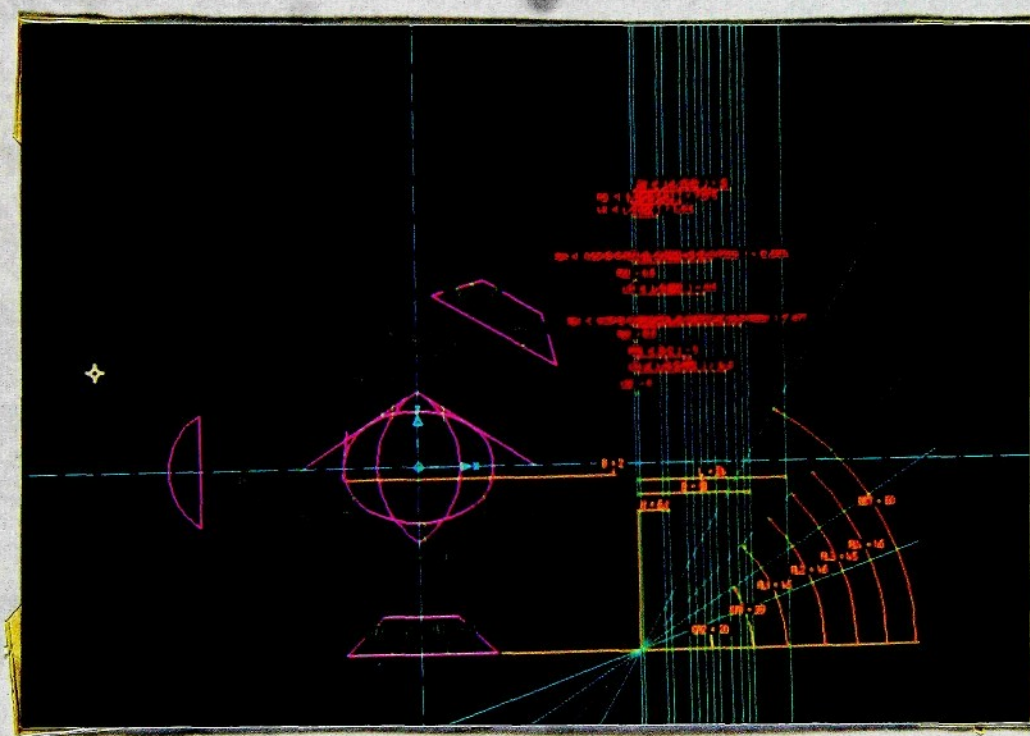
Takže např. parametr zapsaný ve tvaru L21 znamená:

- dvojka na prvním místě označuje, že se jedná o půdorys ve tvaru navety
- jednička na druhém místě pak blíže specifikuje, že jde o vzdálenost S2 kružnice R22 od osy Y (viz. obr. 10)

Jsou-li takto připraveny všechny potřebné parametry, je možno přistoupit k vlastní konstrukci. Pro lepší orientaci je následně uvedena fotografie, na které je

výsledné parametrické zpracování daného typu kamene. Pro lepší přehlednost je skryta většina pomocných čar a jednotlivé konstrukční prvky jsou rozlišeny barevně tímto způsobem:

- fialová - tvořící kontury
- modrá - pomocné přímky
- červená - konstrukční vzorce
- zelená - přiřazené parametry konturám
- žlutá - editovatelné parametry



Obr. 8.13 Parametrické zpracování daného typu kamene

V první fázi je parametricky zpracován tvar půdorysu tím způsobem, že je možno přecházet i na dříve uvedené typy půdorysů. To lze provést následujícím způsobem:

parametrics - edit parametr - relation

Tak například změna eliptického půdorysu na půdorys tvaru hrušky může probíhat tímto způsobem. Po výše uvedených příkazech následuje definování nových parametrů:

původní parametr (viz. obr. 9)	nový parametr (viz. obr. 11)
R12	R32
L11	L31 (na té straně, kde je R22)
L11'	L32
R11	R31
R12'	R33

Je vhodné dodržovat při změnách parametrů tento uvedený postup, ale je možno postupovat libovolně. Ovšem může dojít ke stavu, kdy jsou parametry nadefinovány tak, že konstrukce není možná. V tom případě je nutné pokračovat ve změně jiného parametru.

Pro vytvoření základního kuželového tělesa jsou připraveny dva přímkové segmenty svírající s osou X 85° . Ty jsou poté v základním prostoru ořetovány okolo osy X o 90° . Pomocí nich je z kontury půdorysu taženo komolé kuželové těleso, tvarem odpovídající tvaru půdorysu. To je provedeno následovně:

solids - shapes - vary volume

Konstrukce facet 1, 2 je provedena obdobným způsobem, jenž byl uveden pro konstrukci šatonu (viz. 3.4).

Na obr. č. 13 jsou to dva lichoběžníky, které jsou zkonstruované tak, že krajní body delší základny leží na tangentách k půdorysné kontuře pod požadovaným úhlem. Pro další popis jsou dále kontury označeny takto:

	použitá
K1 - půdorysná kontura	2x
K2 - kontura tvořící facetu 1	1x
K3 - kontura tvořící facetu 2	2x
K4 - kontura tvořící facety 7-10	1x
K5 - kontura tvořící facety 3-6	2x

Následně byly vytvářeny facety vepsané válcové ploše, tj. facety 7, 8, 9, 10, které tuto plochu dělí po stejných úsecích. K tomuto účelu je zkonstruována pomocná kružnice, jejíž poloměr byl v předchozí části odvozen. Pomocnými čarami je pak tato kružnice nadělena na daný počet stejných úseků. Snahou bylo, aby se dal počet facet měnit v určitém rozsahu. Proto byly vypracovány dvě varianty. První umožňuje měnit počet facet v rozsahu 5-11 s tím, že je možno zadávat jenom lichý počet, což je dáno filozofií konstrukce. V druhé variantě je připraveno více kontur, kde jsou počty facet dány napevno. U těchto dvou řešení je nutno ke každému bodu zkonstruovat dvě pomocné přímký, což je poměrně zdlouhavé a v konečné fázi i nepřehledné. (Bohužel parametrizace neumožňuje změnu oblouku na polygon s určitým počtem segmentů)

Z rozdělené kružnice je vytvořen polygon, jež je základem pro konturu K4.

V poslední fázi je pak zkonstruována kontura, která tvoří facety 3-6. Postup konstrukce je obdobný, jako byl uveden u kontury K4. Bohužel u této kontury se nepodařilo vytvořit konturu, která by umožnila změnu počtu facet. Je to dáno tím, že konečné těleso je vytvářeno pomocí příkazu *vary volume*, pro který je v tomto případě důležité, aby kontura K5 byla symetrická podle dvou os.

Proto je nutné k dané pomocné kružnici vytvořit ještě jednu symetrickou a tu rozdělit stejným způsobem. Z takto připraveného polygonu je vytažena kontura K5. Pro definování příkazu *vary volume* je nutno zadat cestu tažení. Proto je nutné ještě připravit segment vycházející z kontury K5 vedený tangenciálně ke kontuře K1.

Takto jsou připraveny všechny tvořící kontury a je možno přistoupit k jejich konečnému rozmístění do prostoru. Příkazem

parametrics - end proces

se nastaví základní prostor. Kontury K2-K5 jsou otočeny o 90° tak, aby se nacházely ve stejném poloprostoru.

Dále již mohou být konstruována jednotlivá primitiva, která budou tvořit výsledný model kamene. Z kontur K1 a K5 příkazem

solids - shapes - vary volume

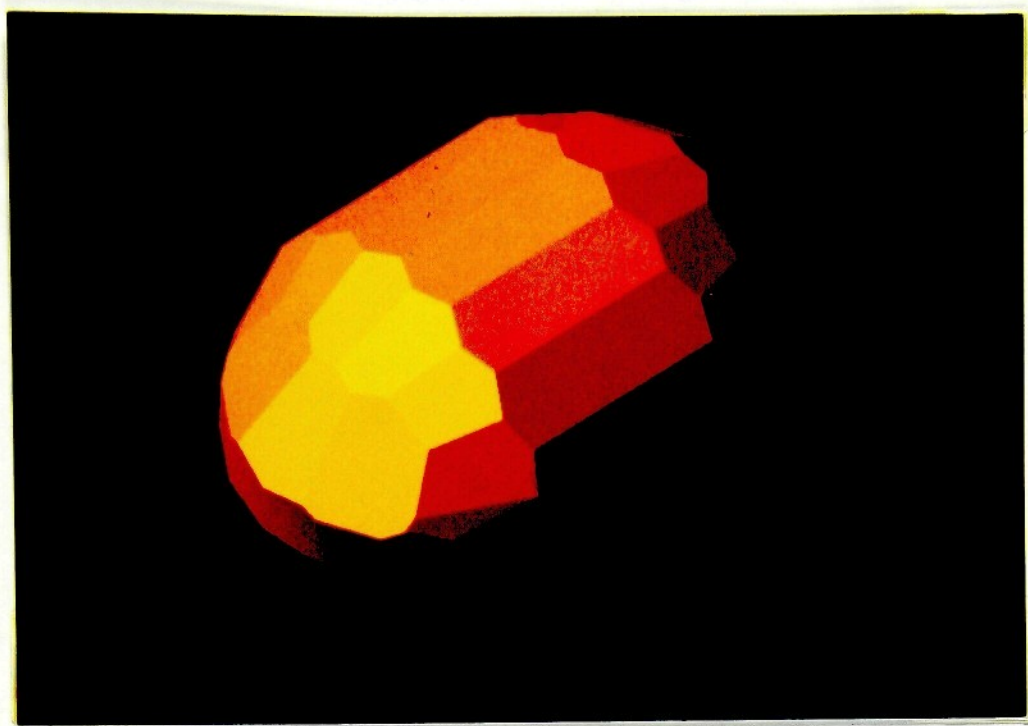
jsou vytvořena tělesa, která jsou základem pro základní kuželovou plochu a facety 3-6. Primitiva tvořící zbylé facety jsou vytvořeny z kontur K2-K4 příkazem

solids - shapes - prisma

Konečný model kamene je dán průnikem všech připravených primitiv (viz obr. 3, 4)

solids - topology - common

Výsledek parametrizace je na následujících fotografiích.



Obr. 8.14 Fotorealistické zobrazení
výchozího modelu

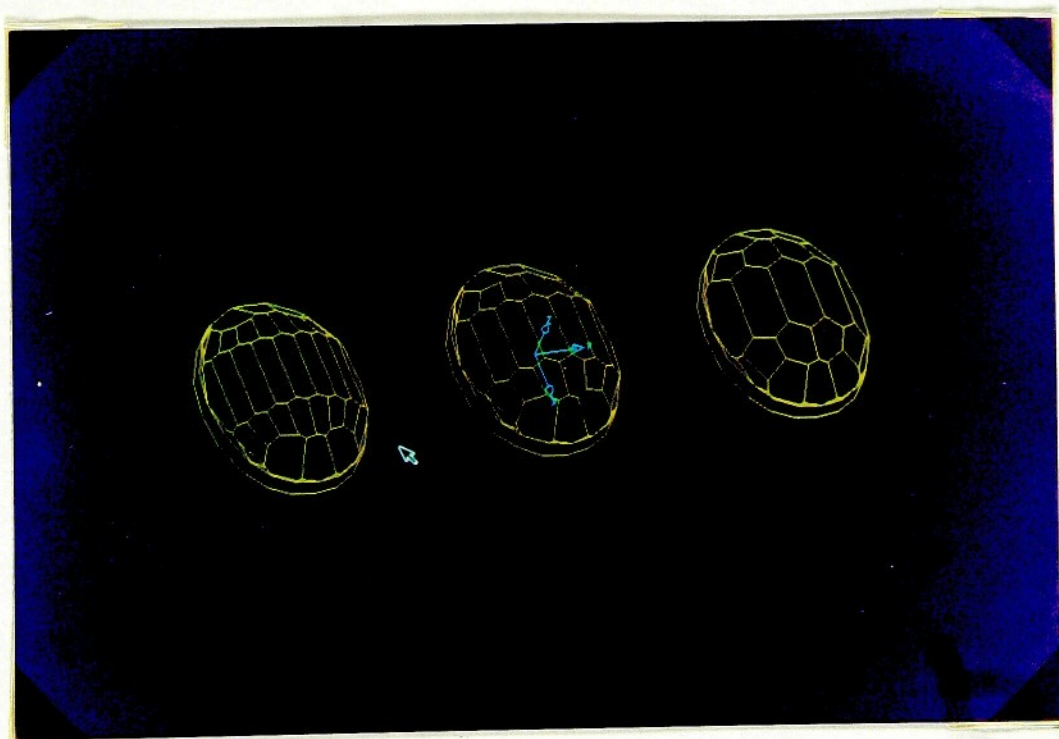


Foto 8.15 Solid model kamenů
s různým počtem facet

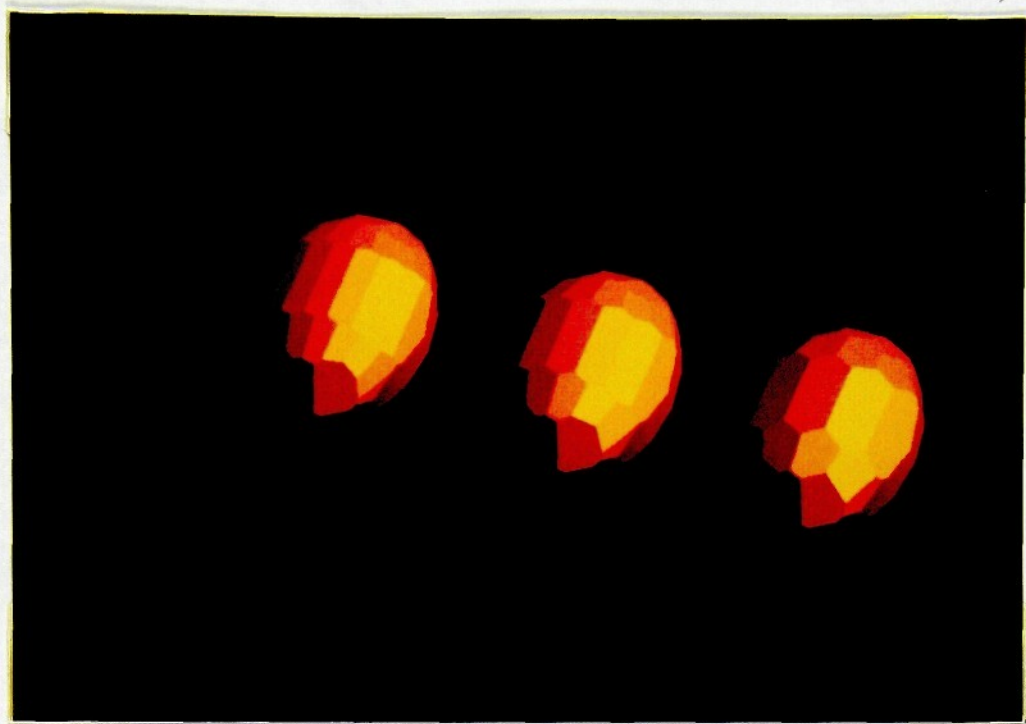


Foto č.16 Fotorealistický model
s různým počtem facet



Foto č.17 Velikostní řada
základního typu



Foto č.18 Možnosti přechodu na
jiný tvar půdorysu

V následující části jsou uvedeny všechny editovatelné parametry daného modelu:

- L - délka kamene
- B - šířka kamene
- H - výška kamene (poloměr válcové plochy)
- N - počet facet na válcové ploše
- ALFA1-ALFA4 - úhel spádnice facet 1,1',2,2'
- BETA1,BETA2 - úhly, jimiž lze modifikovat tvar kontury K5

Výše uvedenými úhly lze dolaďovat konečný vzhled kamene.

Práce je uložena v databázi pod:

PROJECT - KATEDRA

SUB-PROJECT - ČIVRNÝ

OBJECT - DP.. připravená kontura, z které
je možno vytvořit kameny
s různým počtem facet

KÁMEN1.. model s 5 facetami

KÁMEN2.. model se 7 facetami

KÁMEN3.. model s 9 facetami

KÁMEN.. model s měnitelným počtem
facet

5. ZÁVĚR

Navrhování výrobků pomocí počítače (CAD/CAM) se v současné době stále více prosazuje, což je umožněno mohutným rozvojem výpočetní techniky (hardwarové, softwarové vybavení). Tato cesta přináší značné výhody, neboť umožňuje vyloučit některé operace (výkresová dokumentace, digitalizace), které se stávají zbytečnými a zpožďují fázi přípravy.

Tato práce měla umožnit parametrizaci složitějšího objektu, jehož model by byl z hlediska parametrizace co nejuniverzálnější (tj. obsahuje co nejvyšší počet editovatelných parametrů). Určitým omezením parametrizace je to, že není možno z kružnice nebo kruhového segmentu vytvářet polygon s určitým počtem stran. Naskytuje se možnost vytvoření nadstavby programátorskou cestou, což by jednoznačně urychlilo a rozšířilo možnosti parametrického modelování takovýchto typů výrobků.

Výsledkem práce je parametricky zkonstruovaný model, který umožňuje z jednoho objektu vytvořit celou rozměrovou řadu daného typu (v tomto případě je to 35 různých rozměrů podnikového katalogu) ve velmi krátké době s daleko nižšími nároky na kapacitu databáze. Také je umožněn přechod na jiné tvary půdorysů.

Součástí tohoto základního systému by se měly též stát NC programy pro výrobu jader forem daných typů výlisků.

Plné využití zde uvedeného systému přinese v praxi značné zjednodušení a urychlení cyklu vývoj - výroba. Ještě většího efektu by pak mohlo být dosaženo spojením parametrického modelování se systémy určenými pro průmyslový design, jako je CAID-systém ALIAS, pomocí něhož lze výrobek prezentovat v pravé fotorealistické podobě, aniž by daný výrobek fyzicky existoval. Průmyslový návrhář má široké možnosti nastavení vlastností materiálu (index lomu světla, odrazivost,

propustnost) a jeho okolí (vícenásobné zdroje osvětlení).
Je zde umožněna i animace, která může umocnit vjem nového
předmětu.

6. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

CAD (Computer Aided Design)

- počítačová podpora konstrukce

CAID (Computer Aided Industrial Design)

- počítačová podpora průmyslového návrhu

CAM (Computer Aided Manufacturing)

- počítačová podpora výroby

NC (Numeric Control)

- číslicově řízený

L, B, H, R_{xx}, L_{xx}, D - rozměry (mm)

L'_{xx}, R'_{xx} - symetrické rozměry (mm)

AL, BETA, δ , β , σ - úhly (°)

7. LITERATURA

- /1/ BELDA, J. : Sklářské a keramické stroje I.
LIBEREC 1991, skripta VŠST
- /2/ JIRMAN, P.-MATOUŠEK, I. : Možnosti využití počítačem
podporovaných technologií v oblasti
sklářského průmyslu.
Sklář a keramika; č. 8, 1993, s. 185-189
- /3/ Katalog skleněných kamenů, JABLONEC n. N. 1970
- /4/ Manuály EUCLID-IS, version 2.4,
- /5/ ŽÁRA, J. : Počítačová grafika
PRAHA 1992, Grada a. s.
- /6/ FABIÁNOVÁ, H. : Konstruktivní geometrie
LIBEREC 1988, skripta VŠST