



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## NÁVRH VÝROBY LOGA SPOLEČNOSTI S VYUŽITÍM TECHNOLOGIE CAD/CAM

DESIGN OF PRODUCTION OF THE COMPANY LOGO USING CAD/CAM TECHNOLOGY

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

KAREL NEJEDLÍK

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

doc. Ing. JOSEF SEDLÁK, Ph.D.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2013/2014

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Karel Nejedlík

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie (2303R002)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Návrh výroby loga společnosti s využitím technologie CAD/CAM**

v anglickém jazyce:

### **Design of production of the company logo using CAD/CAM technology**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

1. Úvod
2. Návrh a modelování loga společnosti
3. Možnosti výroby loga s využitím dostupných technologií a výrobních zařízení
4. Návrh obráběcích strategií v CAM programu PowerMILL
5. Výroba loga společnosti na konzolové vertikální frézce FV 25 CNC
6. Závěr

Cíle bakalářské práce:

Cílem bakalářské práce bude návrh a výroba loga společnosti s využitím technologie CAD/CAM. Logo společnosti bude navrženo ve 2D programu CorelDRAW s následným převodem jeho kontury do 3D modelu pomocí programu Autodesk Inventor. Součástí práce bude návrh výroby loga společnosti s využitím dostupných technologií a výrobních zařízení. Pro vytvoření obráběcích strategií bude využit CAM program PowerMILL. Práce bude ukončena výrobou loga společnosti na konzolové vertikální frézce FV 25 CNC s řídicím systémem Heidenhain iTNC 530.

Seznam odborné literatury:

1. PÍŠKA, M. a kolektiv. Speciální technologie obrábění. CERM 1.vyd. 246 s. 2009. ISBN 978-80-214-4025-8.
2. FOREJT, M., PÍŠKA, M. Teorie obrábění, tváření a nástroje. 1. vyd. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 2006. 225 s. ISBN 80-214-2374-9.
3. HEIDENHAIN: Příručka pro uživatele DIN/ISO. Programování iTNC 530. 533 188–Co-SW01.1.5/2005, Německo, Traunreut, 1.vyd., 576 s.
4. HEIDENHAIN: Příručka pro uživatele. Popisný dialog-Heidenhain iTNC 530. 533 190–81-SW01.3.1/2005, Německo, Traunreut, 1.vyd., 652 s.
5. KOČMAN, K., PROKOP, J. Technologie obrábění. 2. vyd. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0.

Vedoucí bakalářské práce: doc. Ing. Josef Sedlák, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/2014.

V Brně, dne 3.2.2014

L.S.

---

prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.  
Ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
Děkan fakulty

**ABSTRAKT**

Bakalářská práce se zabývá návrhem a možnostmi výroby loga společnosti s využitím dostupných technologií a výrobních zařízení. Logo společnosti bylo vytvořeno v programu CorelDRAW a následně převedeno do 3D modelu pomocí programu Autodesk Inventor. Návrh obráběcích strategií byl proveden v CAM programu PowerMILL. Výroba loga společnosti proběhla na konzolové vertikální frézce FV 25 CNC.

**Klíčová slova**

CorelDRAW X5, Autodesk Inventor Professional 2011, PowerMILL 10, frézování

**ABSTRACT**

The bachelor thesis deals with the design and manufacturing capabilities of the company logo using available technologies and production facilities. The logo was created in CorelDraw and subsequently converted into a 3D model using Autodesk Inventor. The Draft of machining strategies was conducted in Power MILL CAM program. The production of the company logo was on the cantilever vertical milling machine FV 25 CNC.

**Key words**

CorelDRAW X5, Autodesk Inventor Professional 2011, PowerMILL 10, Milling

**Bibliografická citace**

NEJEDLÍK, K. Návrh výroby loga společnosti s využitím technologie CAD/CAM. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. 42 s.  
Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Josef Sedlák, Ph.D.

**PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Návrh výroby loga společnosti s využitím technologie CAD/CAM vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

---

Datum

---

Karel Nejedlík

**PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji tímto svému vedoucímu doc. Ing. Josefu Sedlákoví, Ph.D. za cenné připomínky, rady a čas, který mi věnoval při vypracování bakalářské práce.

**OBSAH**

ABSTRAKT .....	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ.....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD.....	9
1 Návrh a modelování loga společnosti.....	10
1.1 Použité programy .....	10
1.1.1 CorelDRAW X5 .....	10
1.1.2 Autodesk Inventor Professional 2011 .....	10
1.1.3 PowerMILL 10 .....	11
1.2 Postup návrhu vektorového loga.....	11
1.2.1 Návrh vektorového loga v CorelDRAW X5.....	11
1.2.2 Export loga do požadovaného formátu.....	14
1.2.3 Vytvoření 3D modelu v Autodesk Inventoru Professional 2011 .....	16
2 Možnosti výroby loga s využitím dostupných technologií a výrobních zařízení .....	20
2.1 Laser.....	21
2.1.1 Řezání laserem.....	21
2.1.2 Značení, značkování a popis laserem .....	21
2.2 Řezačka s odporovým drátem .....	22
2.3 Frézování.....	22
2.4 Gravírování .....	23
2.5 Vyjiskřování, elektrozivní obrábění.....	23
3 Návrh obráběcích strategií v CAM programu PowerMILL .....	24
3.1 Hrubovací strategie .....	24
3.1.1 Hrubování offsetem .....	24
3.1.2 Hrubování profilu .....	24
3.1.3 Hrubování rastrem .....	25
3.1.4 Hrubování odvrtním.....	25
3.1.5 Hrubování konturou.....	25
3.1.6 Zbytkové hrubování.....	26
3.2 Dokončovací strategie.....	26
3.2.1 Dokončení offsetem.....	26
3.2.2 Dokončení rastrem.....	27

3.2.3	Konstant Z.....	27
3.2.4	Dokončení optimalizovaným Konstant Z.....	28
3.2.5	Dokončení strmé plošné.....	28
3.2.6	Dokončení rohu.....	28
3.3	Program PowerMill 10.....	29
3.3.1	Pracovní prostředí programu PowerMill 10 .....	30
3.4	Obráběný materiál.....	30
3.5	Import modelu.....	31
3.6	Definice polotovaru.....	31
3.7	Volba vhodných strategií, nástrojů a řezných podmínek.....	32
3.7.1	Hrubování offsetem, volba nástrojů a řezných podmínek .....	32
3.7.2	Hrubování zbytkové, volba nástrojů a řezných podmínek .....	33
3.7.3	Dokončení optimalizovaným Konstant Z, volba nástrojů a řezných podmínek.....	33
4	Výroba loga společnosti na konzolové vertikální frézce FV 25 CNC A.....	35
4.1	Frézka FV 25 CNC A.....	35
4.2	Příprava stroje .....	36
4.3	Upnutí obrobku, stanovení nulového bodu .....	36
4.4	Obrábění součásti .....	37
4.5	Vzniklé defekty .....	38
	ZÁVĚR .....	39
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	40
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK .....	42



## ÚVOD

Stále vylepšování a zdokonalování výrobních procesů a systémů otevírá dveře ke spolupráci do řad rozličných profesí. Z těchto důvodů zájem o tyto služby roste a díky součinnosti s různými odvětvími se strojírenství stává kompaktnějším oborem.

Bakalářská práce se zabývá kompletním zpracováním loga společnosti a to od návrhu až po výrobu samotného loga.

Stěžejními body bakalářské práce jsou:

- popis propojení grafického programu CorelDRAW X5 s modelovacím programem Autodesk Inventor Professional 2011,
- rozbor možností výroby loga s využitím dostupných technologií a výrobních zařízení,
- rozdělení a návrh obráběcích strategií v CAM programu PowerMILL 10,
- výroba loga společnosti na konzolové vertikální frézce FV 25 CNC.

Cílem této bakalářské práce je osvojení více aplikací a znalostí v dané problematice.

## 1 NÁVRH A MODELOVÁNÍ LOGA SPOLEČNOSTI

Návrh loga společnosti, viz **obr. 1.1**, bude vytvořen v programu CorelDRAW X5. Převedení loga na 3D model a celkové vytvoření kontury bude provedeno v programu Autodesk Inventor Professional 2011. Pro následné převedení kontury na dráhy pro frézování bude použit program PowerMILL 10.



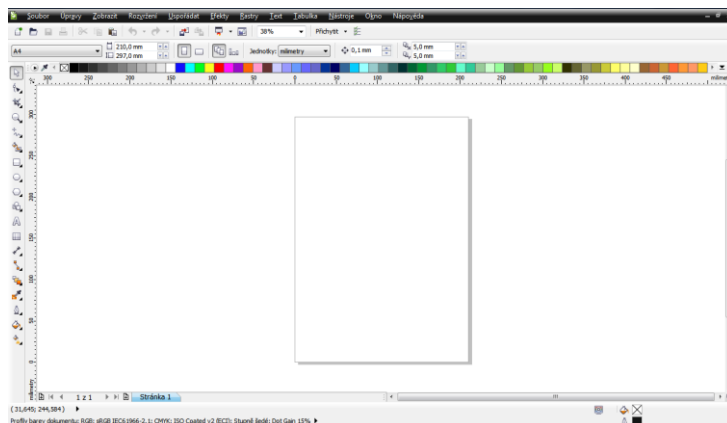
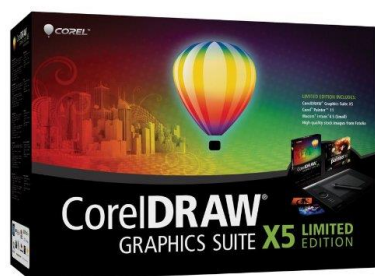
Obr. 1.1 Logo společnosti SONUS technology s.r.o.

### 1.1 Použité programy

V dnešní době se na trhu objevuje spousta různých programů, které disponují rozličnými funkcemi. Bohužel stále platí, že freewarové programy mají horší vlastnosti, než programy s placenou licencí. Je tedy třeba vždy zvážit, zda do softwaru investovat nebo použít program levnější, či dokonce freeware. K vytvoření návrhu a všech úprav pro frézování budou použity programy s placenou licencí.

#### 1.1.1 CorelDRAW X5

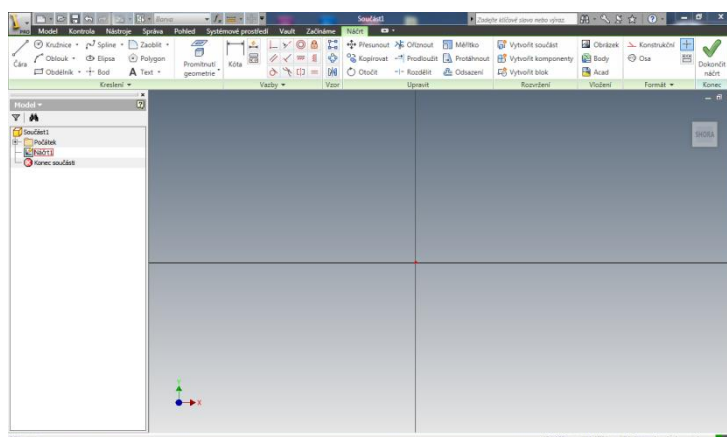
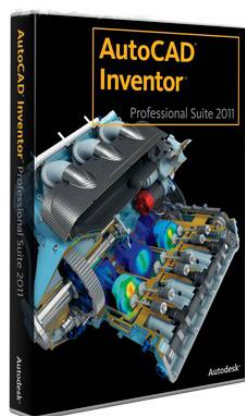
CorelDRAW X5, viz **obr. 1.2**, je vektorový grafický 2D editor firmy Corel Corporation. Je obsažen v balíku programů CorelDRAW Graphics Suite X5. Tento editor patří k jednomu z nejlepších ve svém oboru a je tím pádem jedním z nepoužívanějších vůbec. Jeho hlavní koncepce spočívá ve vytváření grafických návrhů a to od logotypů, ilustrací, merkantilních tiskovin až po webové prezentace a animace<sup>1</sup>.



Obr. 1.2 Vektorový program CorelDRAW X5.

#### 1.1.2 Autodesk Inventor Professional 2011

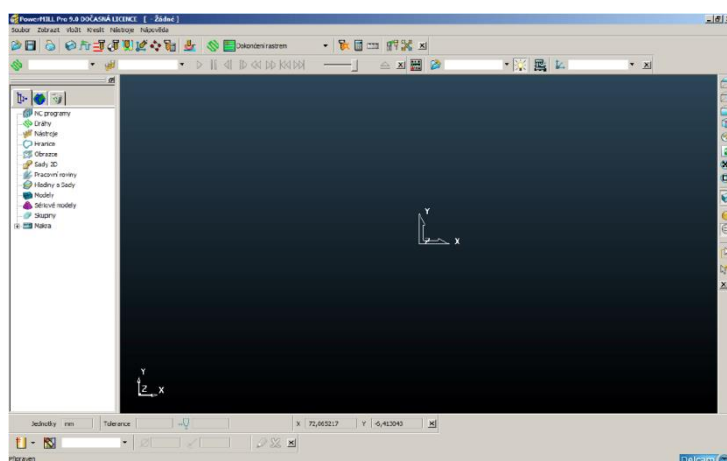
Autodesk Inventor, viz **obr. 1.3**, je parametrický 3D modelář, který spadá pod CAD aplikace firmy AUTODESK. Na trhu se objevil před více než 9 lety a stal se nejprodávanější 3D CAD aplikací. Umožňuje navrhování různých strojírenských částí a to od strojů až po nástroje a přípravy. Výsledné 3D modely je možné převést do 2D výkresové dokumentace, kde se dají následně upravovat. V Autodesk Inventoru je možnost vytváření vizualizací a simulací před tím, než dojde k jejich výrobě<sup>2</sup>.



Obr. 1.3 Parametrický 3D modelář Autodesk Inventor Professional 2011.

### 1.1.3 PowerMILL 10

PowerMILL, viz **obr. 1.4**, je software spadající pod CAM aplikace firmy Delcam. Jeho využití se především nachází v programování CNC frézovacích strojů. A to pro frézování tvarových ploch tříosými, čtyřosými i pětiosými strategiemi. Navíc jsou zde rozšířené možnosti 2.5D frézování<sup>3</sup>.



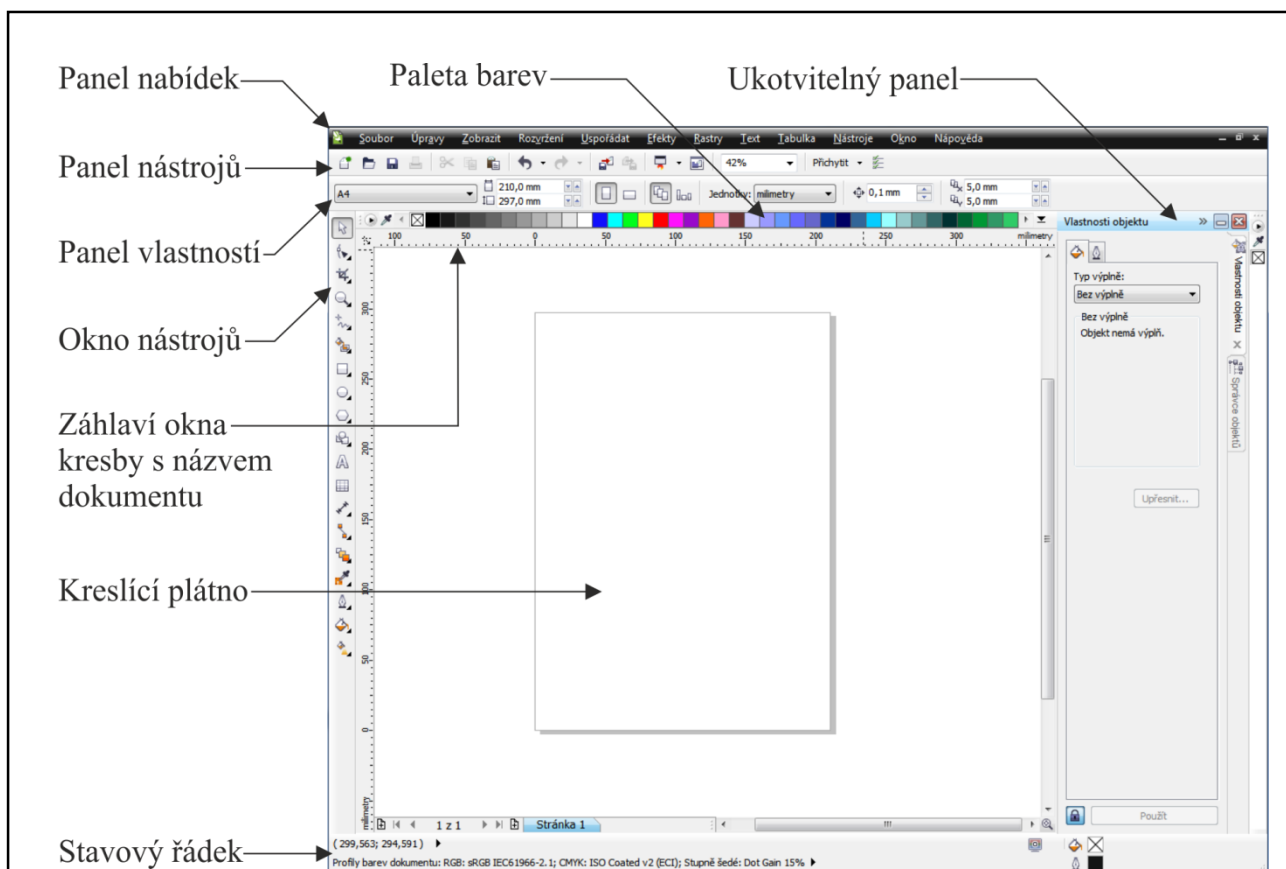
Obr. 1.4 PowerMILL 10.

## 1.2 Postup návrhu vektorového loga

Logo slouží k prezentaci společnosti na trhu a je tzv. značkou firmy. Při návrhu se klade důraz na různé specifikace zadání. Jedny z hlavních specifik jsou: určení cílové skupiny, vymezení hlavních rysů produktů nebo služeb a studie konkurence. Jeho stěžejní vlastností by měla být jedinečnost a snadná zapamatovatelnost.

### 1.2.1 Návrh vektorového loga v CorelDRAW X5

Pracovní prostředí programu CorelDRAW X5 je rozděleno do devíti hlavních úseků, viz **obr. 1.5**. Jeho ovládání je díky novému svěžimu vzhledu velmi přehledné a intuitivní.



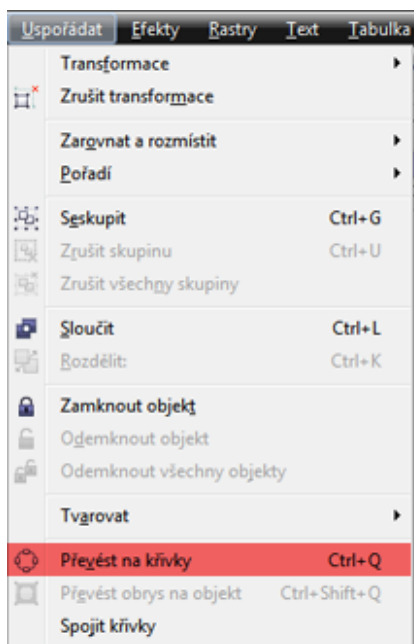
Obr. 1.5 Pracovní prostředí CorelDRAW X5.

V prvním kroku byl pomocí nástroje Text, viz **obr. 1.6**, vytvořen text skládající se z písmen “SNUS“ a slova technology.



Obr. 1.6 Vytvoření textu.

Text byl následně převeden na křivky, viz **obr. 1.7**.



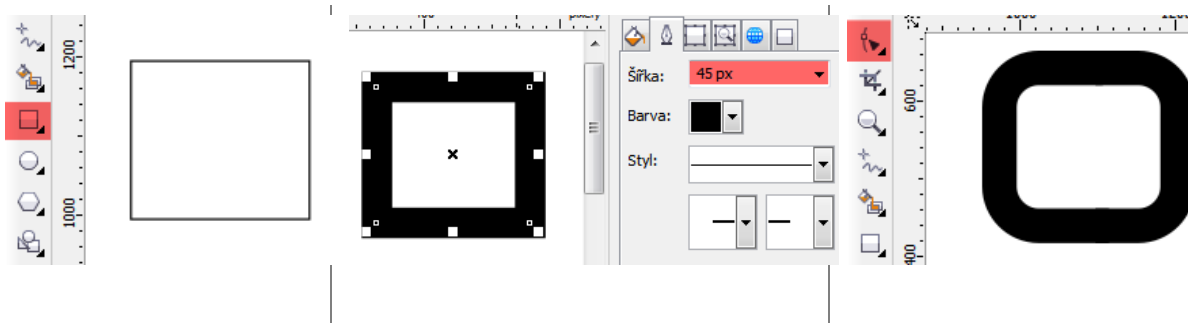
Obr. 1.7 Převedení na křivky.

Použitím nástroje Tvar, viz **obr. 1.8**, byla vytvořena požadovaná mezera pro symbol "O".



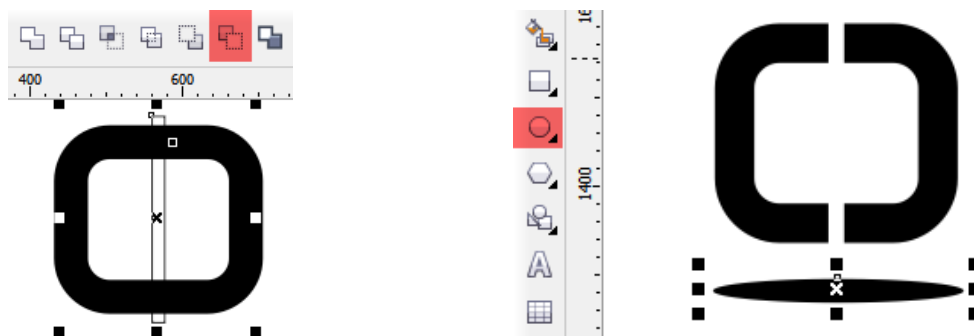
Obr. 1.8 Vytvoření mezery.

Dalším krokem bylo vytvoření symbolu, kde byl použit nástroj Obdélník. Obdélníku byl přiřazen požadovaný obrys a byl zaoblen nástrojem Tvar, viz **obr. 1.9**.



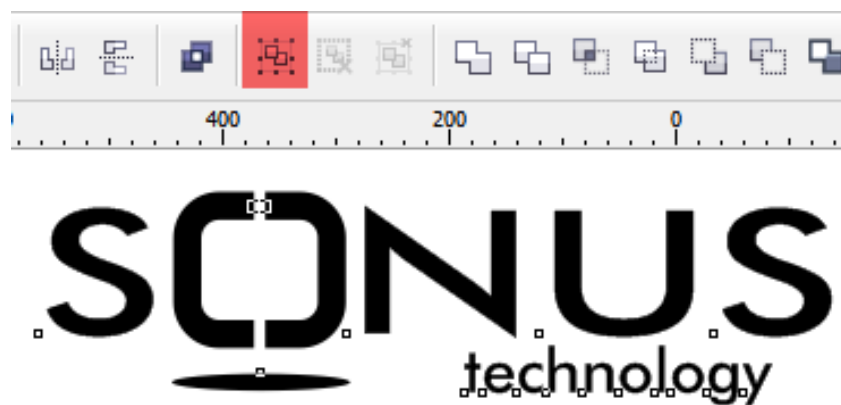
Obr. 1.9 Vytvoření symbolu.

Zaoblený čtverec byl rozdělen na dvě části pomocí nástroje Obdélník a nástroje Odečíst přední objekt od zadního. Pod symbolem byl vytvořen stín nástrojem elipsa, viz **obr. 1.10**.



Obr. 1.10 Vytvoření mezery a stínu.

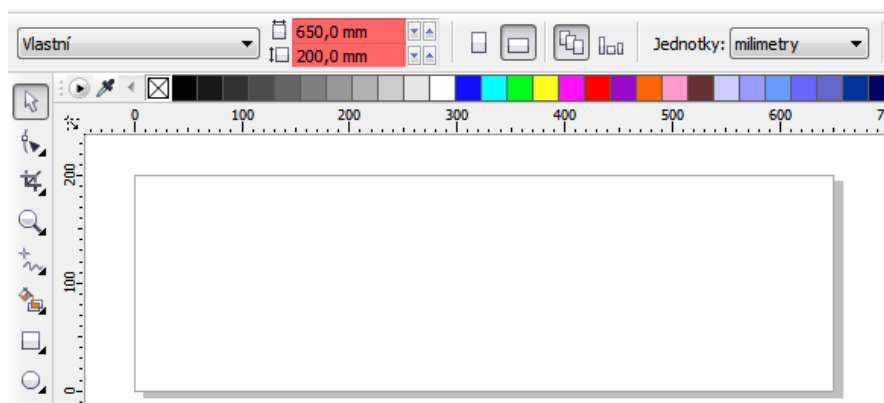
Nakonec byl symbol se stínem vložen do textu a všechny prvky byly seskupeny, viz **obr. 1.11**.



Obr. 1.11 Seskupení všech prvků.

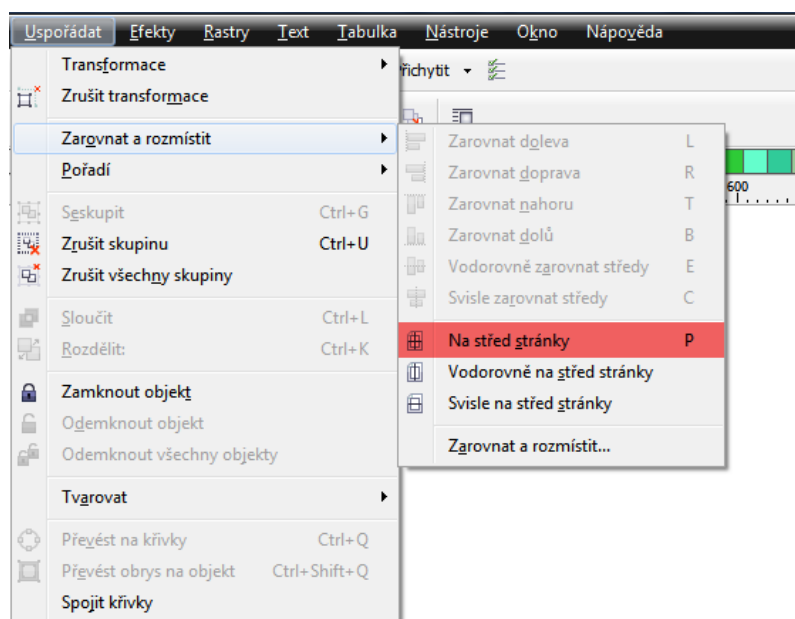
### 1.2.2 Export loga do požadovaného formátu

Před tím, než došlo k samotnému exportu, byla vytvořena rozměrově stejná plocha jako plocha zakoupeného hliníkového plechu, viz **obr. 1.12**.



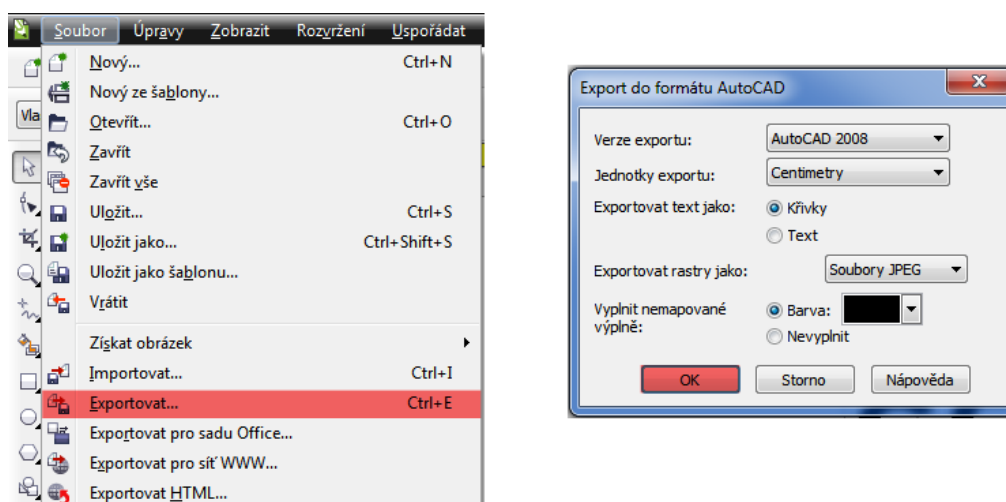
Obr. 1.12 Změna velikosti plochy.

Vytvořené logo bylo zvětšeno a umístěno na střed plochy, viz **obr. 1.13**. Umístění loga na střed je velmi důležité z důvodu budoucí manipulace v programu Autodesk Inventor.



Obr. 1.13 Zvětšení loga a jeho umístění na střed.

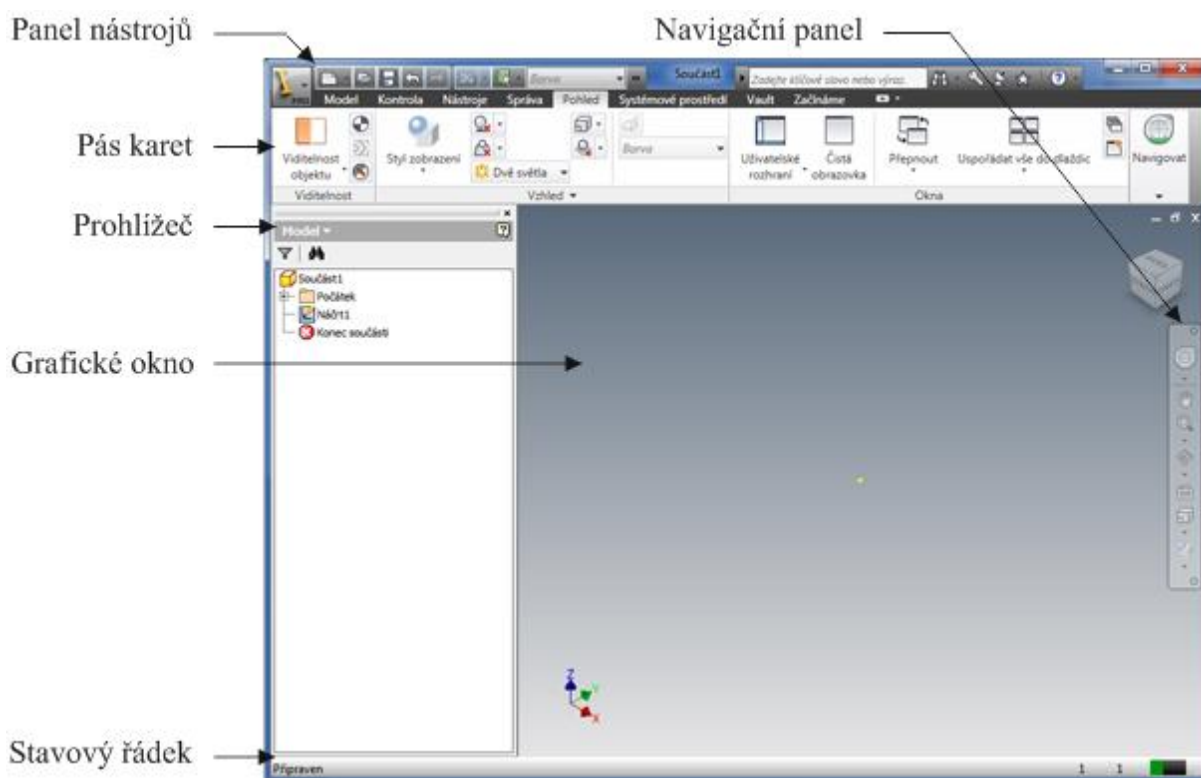
Export byl proveden do formátu DXF, viz **obr. 1.14**. Formát DXF byl vyvinut firmou Autodesk a je používán zejména při přenášení grafických informací mezi různými systémy typu CAD, vektorovými editory, modelovacími programy a dalšími<sup>4</sup>.



Obr. 1.14 Export do formátu DXF.

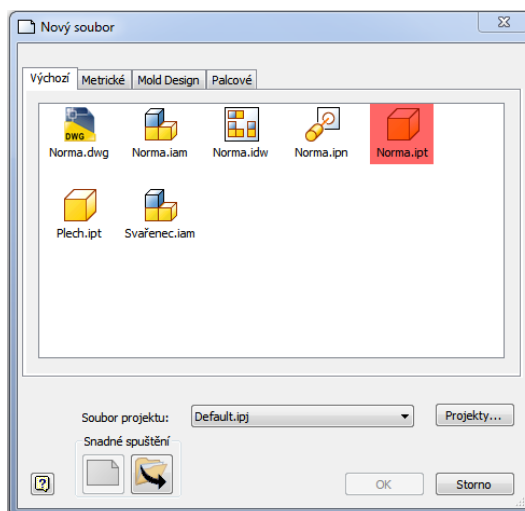
### 1.2.3 Vytvoření 3D modelu v Autodesk Inventoru Professional 2011

Pracovní prostředí programu Autodesk Inventor je rozděleno do šesti úseků, viz **obr. 1.15**. Hlavní předností tohoto programu je snadné ovládání, které je díky piktogramům velmi pohodlné a intuitivní.



Obr. 1.15 Pracovní prostředí Autodesk Inventoru Professional 2011.

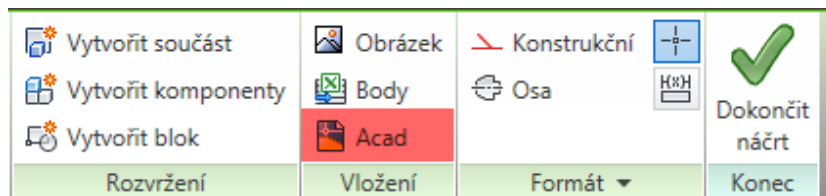
Po spuštění programu Autodesk Inventor se otevřela úvodní nabídka, viz **obr. 1.16**, kde byla vybrána součást (Norma.ipt).



Obr. 1.16 Úvodní nabídka.

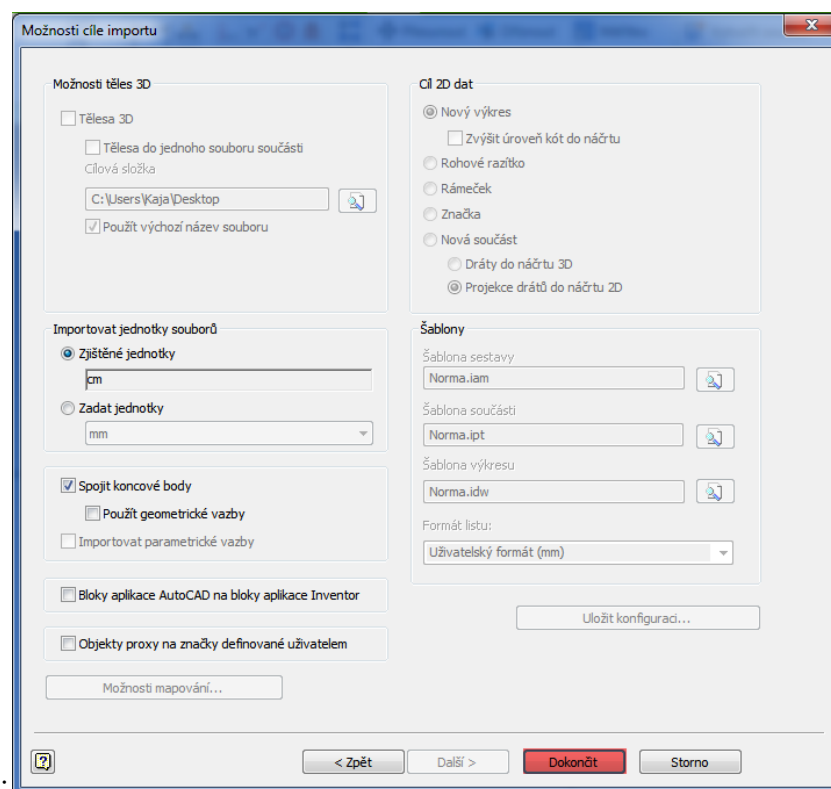


Ihned po vytvoření součásti program spustil mód “Náčrt“. V tomto módu byla vybrána v panelu “Vložení“ ikona “Acad“, viz **obr. 1.17**. Tato ikona slouží k importování DWG souborů a výkresových dat prostřednictvím výměnného formátu DXF.



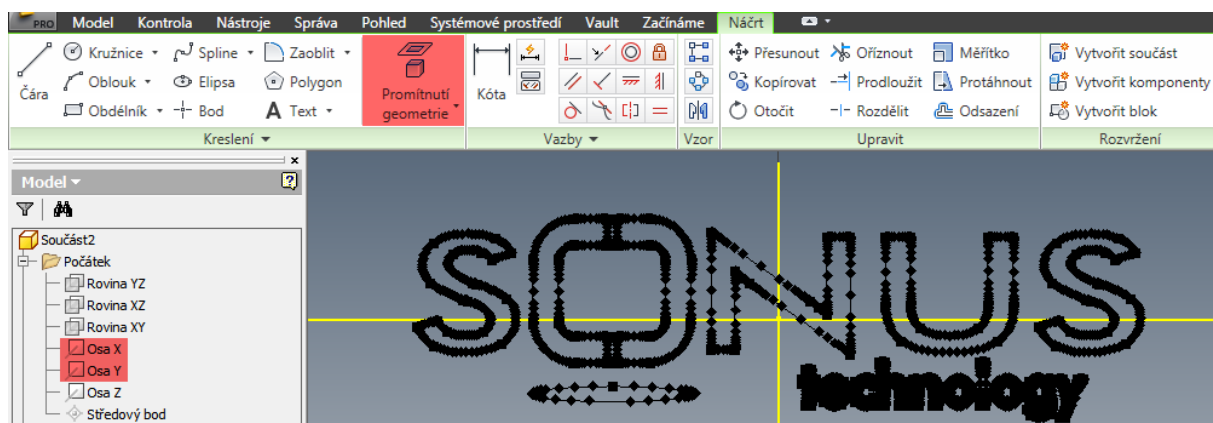
Obr. 1.17 Ikona Acad.

Logo vytvořené v programu CorelDRAW X5 bylo načteno a následně byly nastaveny možnosti importu, viz **obr. 1.18**.



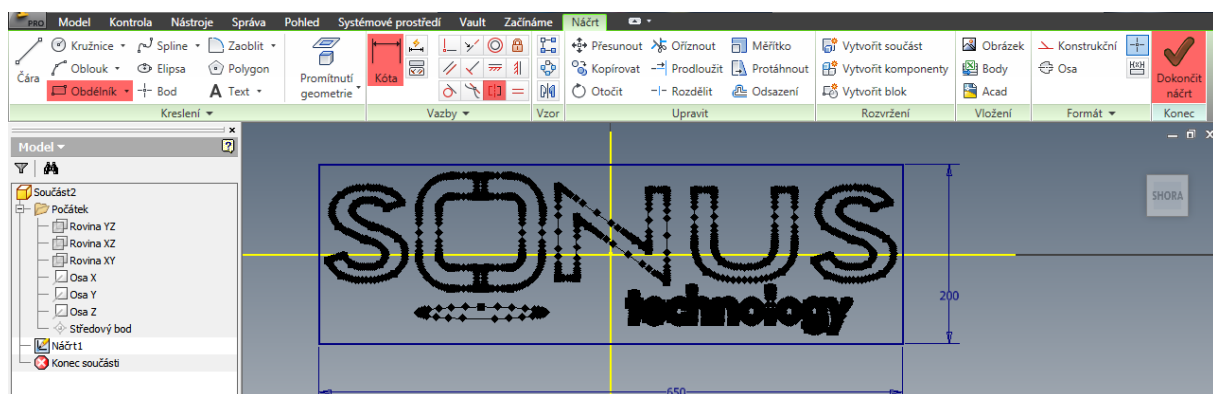
Obr. 1.18 Možnosti importu.

Naimportované logo se umístilo přesně do středu souřadnicového systému. Manipulace s logem už nebyla nutná. Dalším krokem bylo promítnutí geometrie os x, y nástrojem Promítnutí geometrie, viz **obr. 1.19**. Promítnutí geometrie os x, y bylo důležité pro budoucí zarovnání objektů.



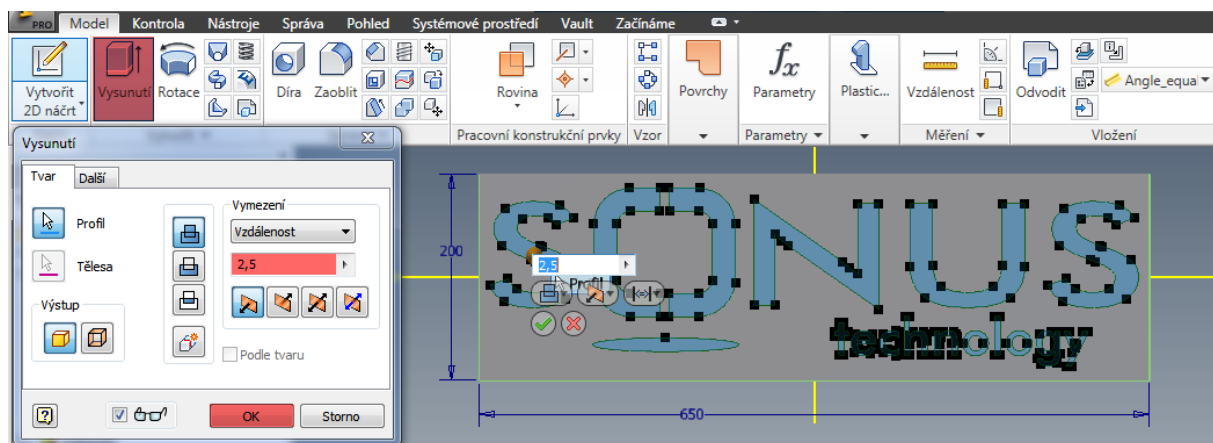
Obr. 1.19 Promítnutí geometrie.

Vytvoření obrysu plechu, kde bude logo umístěno, bylo provedeno nástrojem obdélník. Obdélník byl zakótován nástrojem Kóta na požadovaný rozměr. Obrys obdélníku byl vycentrován ke středu souřadnicového systému nástrojem Symetrické. Nakonec byl náčrt ukončen nástrojem Dokončit náčrt. Vybrané nástroje jsou znázorněny v **obr. 1.20**.



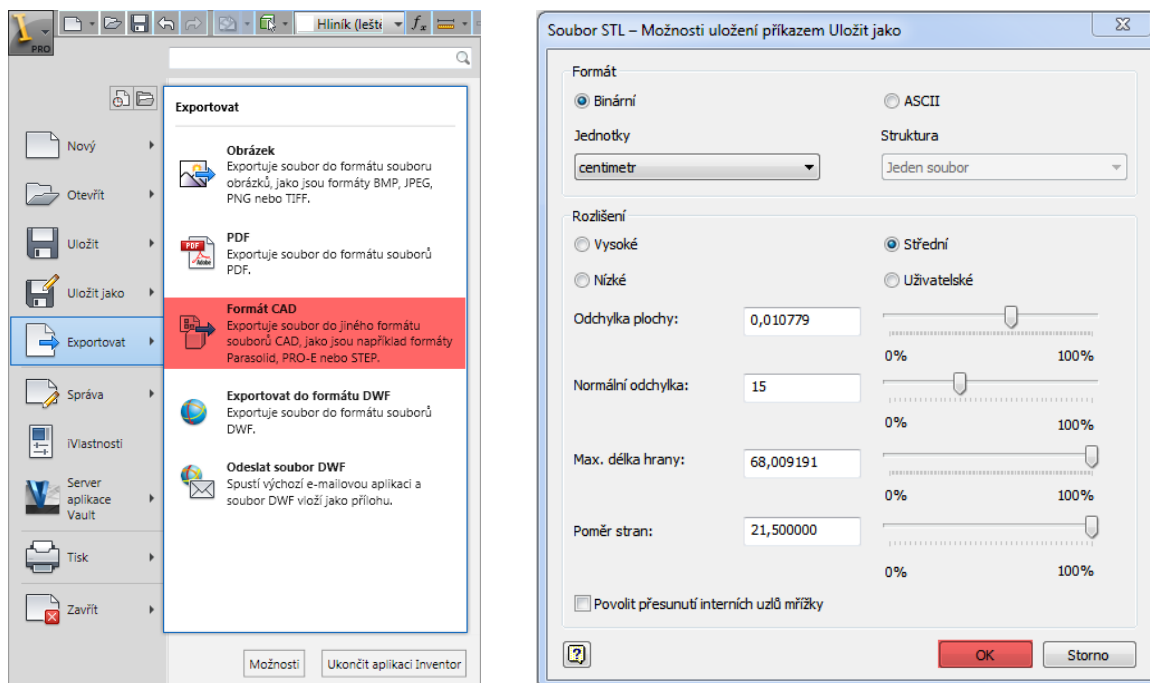
Obr. 1.20 Vybrané nástroje.

Po dokončení náčrtu následovalo vytvoření 3D modelu. 3D model byl vytvořen nástrojem Vysunutí a to u obdélníku do vzdálenosti 5 mm a u loga do vzdálenosti 2,5 mm, viz **obr. 1.21**.



Obr. 1.21 Vysunutí.

Vytvořený 3D model byl vyexportován do formátu STL, viz **obr. 1.22**. Formát STL byl vyvinut výrobcí stereolitografických zařízení a je určený pro uložení těles reprezentovaných polygony. Jedná se o formát, do kterého je možné uložit jak dvourozměrná, tak i trojrozměrná data<sup>5,6</sup>.



Obr. 1.22 Export do formátu STL.

Načtení 3D modelu do programu PowerMILL 10 a následné vytvoření drah pro frézování je popsáno v kapitole 3.

## 2 MOŽNOSTI VÝROBY LOGA S VYUŽITÍM DOSTUPNÝCH TECHNOLOGIÍ A VÝROBNÍCH ZAŘÍZENÍ

Logotypy, nápisy a jinak složité tvary je možno vytvářet jako jednotlivé znaky nebo jako pozitivy či negativy do různých materiálů. V současné době se využívají jak konvenční, tak i nekonvenční metody obrábění. Pro vytváření jednotlivých znaků se nejčastěji využívá laser nebo řezačka s odporovým drátem. Pro výrobu pozitivních či negativních nápisů do materiálu se využívá technologie frézování a gravírování. Pro značení malých součástí jsou vhodné především lasery, stroje mikrobodové, úderové, odvalovací, tepelné, elektrochemické, vyjiskřovací a další. V **obr. 2.1** jsou znázorněny ukázky vytvořených aplikací zmíněnými technologiemi.



Obr. 2.1 Ukázky aplikací <sup>7, 8, 9</sup>.

Nekonvenční obrábění je stále využívanější metodou a to proto, že se stále více používají materiály s vysokou pevností, tvrdostí a houževnatostí, které nelze standardními metodami hospodárně obrábět. Souhrn metod nekonvenčního obrábění je zobrazen v **tab. 2.1**. Rozdělení metod je provedeno dle převládajících účinků oddělování materiálu.

Charakteristika nekonvenčních metod obrábění:

- rychlost, možnosti a výkonnost obrábění nezávisí na mechanických vlastnostech obráběného materiálu,
- materiál nástroje nemusí být tvrdší než obráběný materiál,
- možnost provádění složitých technologických operací, jako výroba děr se zakřivenou osou, obrábění děr složitých tvarů, tvarových dutin v materiálech o vysokých mechanických vlastnostech,
- umožňují zavádění plné mechanizace a automatizace a tím včlenění dané operace do výrobní linky,
- umožňují zvýšení technologičnosti konstrukce a sériovosti výroby se současným omezením výroby zmetků a snížení pracnosti daných operací,
- současně s výrobou tvaru dochází u některých nekonvenčních metod obrábění také k řízené změně vlastností povrchové vrstvy, zejména zvýšení odolnosti proti korozi, zvýšení únavové pevnosti apod.<sup>10</sup>.

Tab. 2.1 Nekonvenční metody obrábění.

Tepelný účinek	Elektrochemický nebo chemický účinek	Mechanickým účinek
Elektrozivní obrábění	Elektrochemické obrábění	Ultrazvukové obrábění
Obrábění paprskem plazmy	Chemické obrábění	Obrábění paprskem vody
Obrábění paprskem laseru		
Obrábění paprskem elektronů		

## 2.1 Laser

Laser, z anglického názvu Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, znamená zesilování světla stimulovanou emisí záření. Laser je optický zdroj elektromagnetického záření. Světlo je z laseru vyzařováno ve formě úzkého svazku. Na rozdíl od světla přirozených zdrojů je koherentní a monochromatické, z toho tedy vyplývá, že je laser optický zdroj emitující fotony v koherentní paprsek. Princip laseru využívá zákonů kvantové mechaniky a termodynamiky. V **obr. 2.2** je znázorněn gravírovací laser portálového typu a aplikace vytvořená laserovým řezáním<sup>11</sup>.

Obr. 2.2 Gravírovací laser, aplikace vytvořená laserovým řezáním<sup>12, 13</sup>.

### 2.1.1 Řezání laserem

Řezání laserem je moderní metoda používaná pro svou vysokou přesnost a variabilitu, co se týká materiálu. Výsledný řez je hladký a jednolitý. Výhodou laserového řezání je možnost řezání i složitějších tvarů, které jsou ostatními metodami buď složité nebo přímo nemožné. Řezání laserem je ve srovnání s klasickými technologiemi prakticky vždy velmi výhodné a přináší největší úspory nákladů ve výrobním procesu<sup>14</sup>.

### 2.1.2 Značení, značkování a popis laserem

Laserové značení, značkování či popis laserem je v současné době nejvšestrannější metoda v oblasti trvalého značení. Jedná se o bezkontaktní metodu značení založenou na místním odpaření materiálu nebo změně barvy na povrchu daného elementu. Laser na povrchu materiálu s vysokou přesností vytváří stálý, mechanicky odolný a velmi kontrastní popis. Laserem je možné označovat všechny materiály, jako např. kalené i nekalené oceli a litiny, titan, mosaz, bronz, hliník a jeho slitiny, slinutý karbid, zlato, keramiku, drahé kameny, plasty, dřevo, sklo, gumu, papír, kůži atd. Popisovaný povrch může být broušený, pískovaný, lakovaný, černěný,

smaltovaný, opatřený povlakem chromu, zinku, titankarbidu, titannitridu, keramickým povlakem apod. Laserem lze popisovat rovinné, válcové i jinak zakřivené plochy a to i na málo přístupných místech<sup>15</sup>.

## 2.2 Řezačka s odporovým drátem

Řezačky s odporovým drátem pracují na principu tavného dělení materiálu. Tyto řezačky využívají speciální odporový drát, který se ohřívá průchodem elektrického proudu. Tavné dělení polystyrénu se používá především pro přesnost řezu. Řez je hladký a zatavený. Moderní typy řezaček dokážou vyřezávat i 3D profily a využívají řezání více odporových drátů najednou. Tavné, tepelné řezačky jsou určeny výhradně na dělení syntetických materiálů a to pro polystyrén, styrofoam, styrodur a pěnové hmoty. V **obr. 2.3** je znázorněna CNC řezačka polystyrenu a vytvořená aplikace<sup>16</sup>.



Obr. 2.3 CNC řezačka s odporovým drátem, vytvořená aplikace<sup>17, 18</sup>.

## 2.3 Frézování

Frézování je strojní třískové obrábění kovů vícebřitým nástrojem, při kterém jsou z obrobku odebírány krátké třísky proměnlivé tloušťky. Fréza se při práci otáčí kolem své osy a svými zuby po obvodě se postupně zařezává do obrobku, který se proti nástroji současně posouvá. Každý zub frézy postupně odřezává z obráběného materiálu krátké třísky, takže proces řezání je přerušovaný. Hlavní pohyb (rotační) koná nástroj a vedlejší pohyb (přísuv, posuv) obrobek. Klasicky probíhá ve třech osách, ve více než třech osách pracují více-osá obráběcí centra. Frézovací stroj se nazývá frézka, frézovací nástroj fréza. Frézování se dělí na sousledné, kdy se nástroj otáčí ve směru pohybu stolu s obrobkem, a nesousledné, kdy je tomu opačně. V **obr. 2.4** je znázorněna CNC frézka s optickým naváděním a vytvořená aplikace<sup>19,20</sup>.

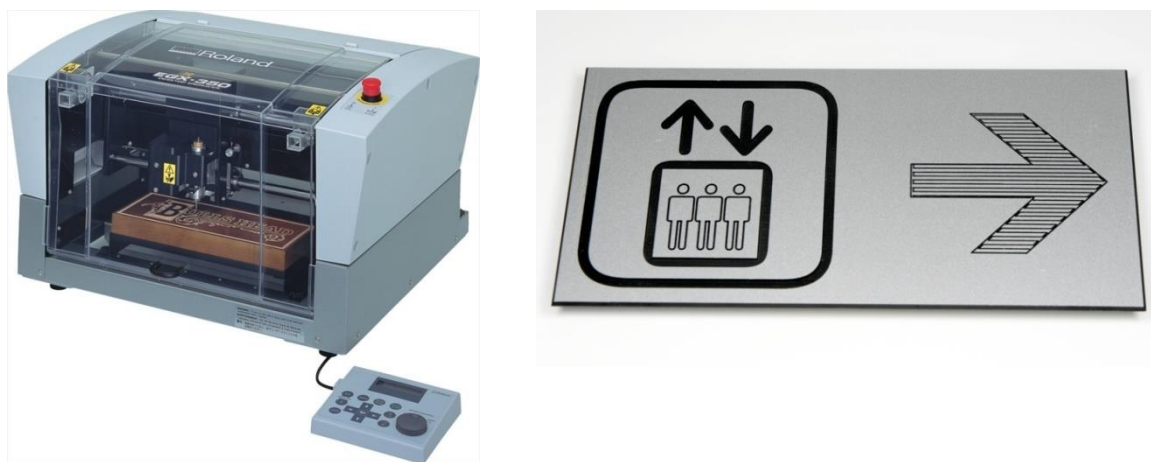


Obr. 2.4 CNC frézka s optickým naváděním, vytvořená aplikace<sup>21, 22</sup>.

Podrobný popis technologie frézování je popsán v kapitole 4.

## 2.4 Gravírování

Gravírování je technologie, která umožňuje nesmazatelné značení nebo rytí do různých druhů materiálů. Jedná se o vytvoření nápisu, loga, ornamentu či jiného znamení odebráním materiálu. Gravírování nahrazuje ruční rytí. Původní rytci pracovali s různě tvarovanými rydlí a čakany. Nápisy byly zvýrazňovány různými kovy, např. cínem, zlatem, stříbrem nebo mědí. Dnešní doba nabízí plně automatizované CNC gravírovací stroje řízené počítačem. CNC stroje za pomoci speciálních gravírovacích fréz odebírají z gravírovaného materiálu tenkou vrstvičku v řádové hloubce několika desetin milimetru, kterou nahrazují barvou. V **obr. 2.5** je znázorněn stolní gravírovací plotr a vytvořená aplikace<sup>23, 24</sup>.



Obr. 2.5 Stolní gravírovací plotr, vytvořená aplikace<sup>25, 26</sup>.

## 2.5 Vyjiskřování, elektrozivní obrábění

Vyjiskřování je založeno na působení impulsního elektrického výboje mezi dvěma elektrodami. Proces probíhá při spojení materiálu s elektrodou v dielektrickém prostředí. Tato metoda je použitelná jen v případě elektricky vodivých materiálů. Vyjiskřování se nejčastěji využívá při výrobě složitých a přesných tvarů jako jsou např. trysky, zápusťkové dutiny nebo průvlaky. V **obr. 2.6** je znázorněn vyjiskřovací stroj a vytvořená aplikace<sup>27, 28</sup>.



Obr. 2.6 Vyjiskřovací stroj, vytvořená aplikace<sup>29, 30</sup>.

### 3 NÁVRH OBRÁBĚCÍCH STRATEGIÍ V CAM PROGRAMU POWERMILL

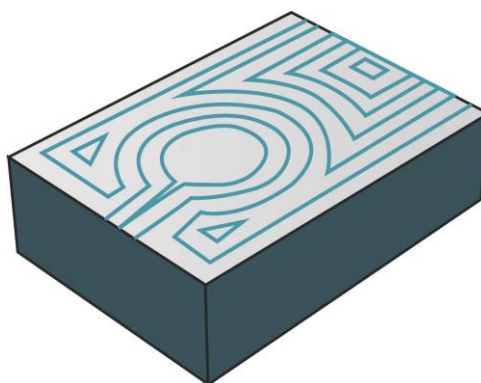
Obráběcí strategie jsou metody, kterými si CAM program vypočítává budoucí dráhy nástrojů. Pro různé tvarové plochy se využívají různé strategie a to od základních 2D strategií až po složité pětiosé strategie.

#### 3.1 Hrubovací strategie

Při hrubování je odebírána podstatná část materiálu z polotovaru a to až po rozměry součásti zvětšené o přídavek. Hlavní měřítkem je minimální čas a maximální objem odebíraného materiálu. Hrubování probíhá nejčastěji po vrstvách.

##### 3.1.1 Hrubování offsetem

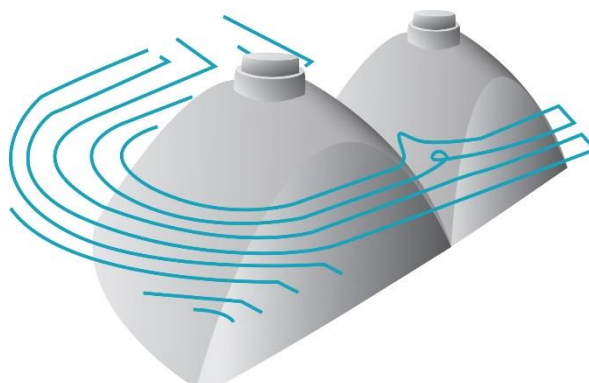
Hrubování offsetem je nejuniverzálnější strategií. Tato strategie umožňuje náklon nástroje a je velmi rychlá jak z pohledu programování, tak z pohledu vytvoření řezné dráhy nástroje, proto podporuje rychlostní obrábění. Vypočtené dráhy pro hrubování mají tvar oblouku. Slouží k hrubování 3D složitějších tvarů a kapes, viz **obr. 3.1**.



Obr. 3.1 Hrubování offsetem<sup>3</sup>.

##### 3.1.2 Hrubování profilu

Hrubování profilu je strategie, která odebírá materiál pouze podél svislých stěn modelu. Dá se říci, že kopíruje tvar profilu. Tato strategie slouží k efektivnímu hrubování 3D profilu a dá se aplikovat pro polodokončovací obrábění některých typů obrobků, viz **obr. 3.2**.

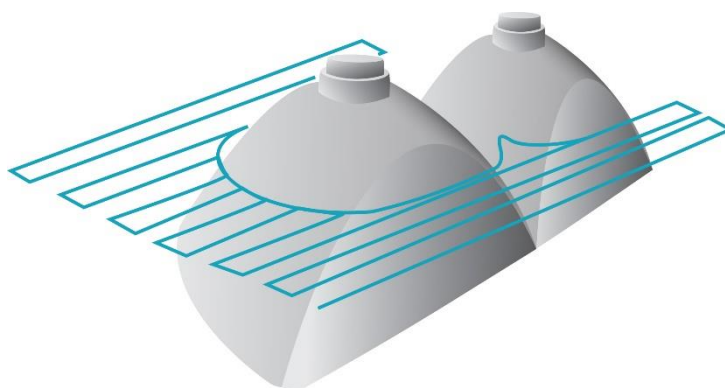


Obr. 3.2 Hrubování profilu<sup>3</sup>.



### 3.1.3 Hrubování rastrem

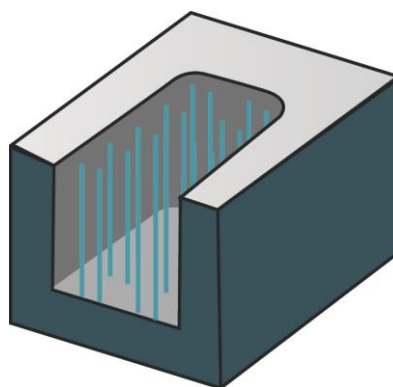
Hrubování rastrem je strategie velmi obdobná strategií offsetem. Liší se však způsob automatického generování drah při současném zachování všech počátečních nastavení. Časy pro generování drah jsou tedy delší, viz **obr. 3.3**.



Obr. 3.3 Změna velikosti plochy<sup>3</sup>.

### 3.1.4 Hrubování odvrtním

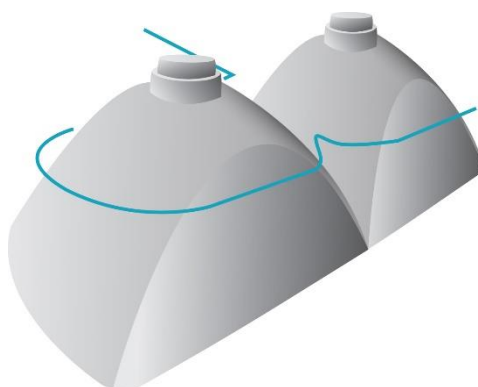
Hrubování odvrtním je strategie využívající speciální odvrťovací nástroje, s jejichž pomocí se odstraní největší množství materiálu tak, že se jednoduše odvrtná. Tato strategie vyžaduje předchystání dráhy, podle které bude prováděno postupné odebírání přebytečného materiálu axiálním pohybem řezného nástroje. Co se týče časové náročnosti je programování delší, avšak u obrábění dochází k časové úspoře, viz **obr. 3.4**.



Obr. 3.4 Hrubování odvrtním<sup>3</sup>.

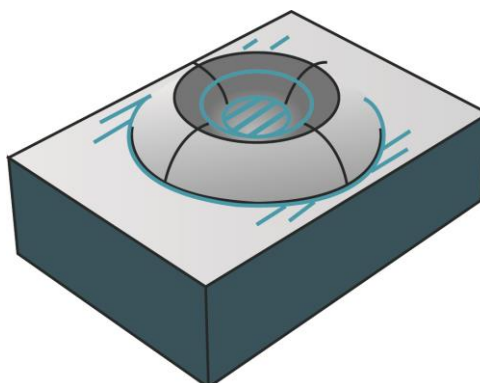
### 3.1.5 Hrubování konturou

Hrubování konturou je strategie, kde vypočítaná dráha opisuje obrys součásti v rovinách obrábění, viz **obr. 3.5**.

Obr. 3.5 Hrubování konturou<sup>3</sup>.

### 3.1.6 Zbytkové hrubování

Zbytkové hrubování je strategie, která využívá menšího nástroje než předchozí hrubovací strategie. Právě proto je schopna se dostat do prostorově složitějších míst jako jsou např. kapsy nebo rohy. Zbytkové hrubování se dá popsat jako lokalizované obrábění, viz **obr. 3.6**.

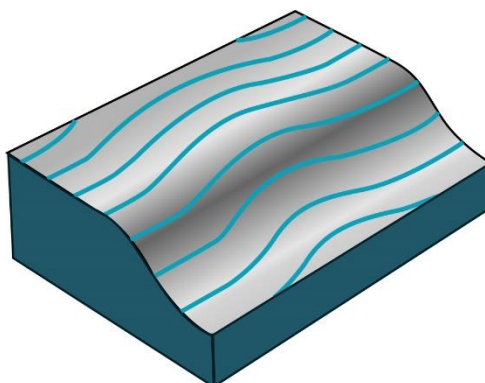
Obr. 3.6 Zbytkové hrubování<sup>3</sup>.

## 3.2 Dokončovací strategie

Při dokončování se obrábí takovými řeznými nástroji a parametry, aby byly dosaženy požadované vlastnosti součásti (tvar, rozměr, velikost). Při nastavování strategie se počítá s nulovým přírůstkem. Výsledkem by měla být součást identická s počítačovým modelem.

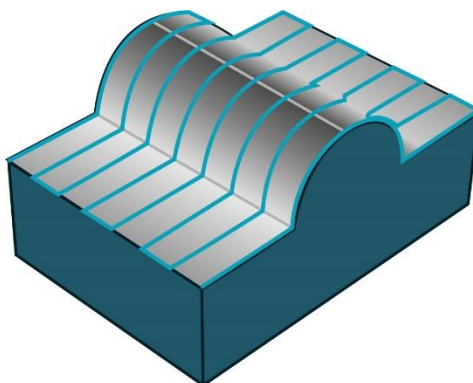
### 3.2.1 Dokončení offsetem

Dokončení offsetem je strategie, která se využívá pro dokončování horizontálních ploch. Její relativní krok k tvaru součásti pomáhá k dokončení strmých ploch, viz **obr. 3.7**.

Obr. 3.7 Dokončení offsetem<sup>3</sup>.

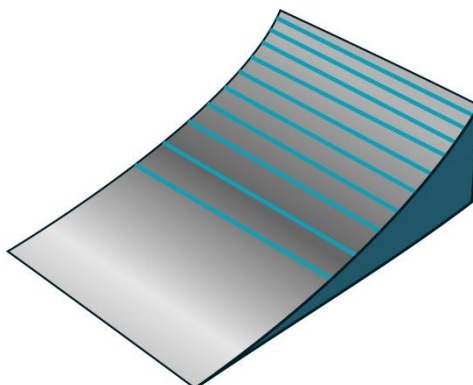
### 3.2.2 Dokončení rastrem

Dokončení rastrem je strategie, která se využívá pro dokončování horizontálních ploch. Směr pohybu kroku je do boku, viz **obr. 3.8**.

Obr. 3.8 Dokončení rastrem<sup>3</sup>.

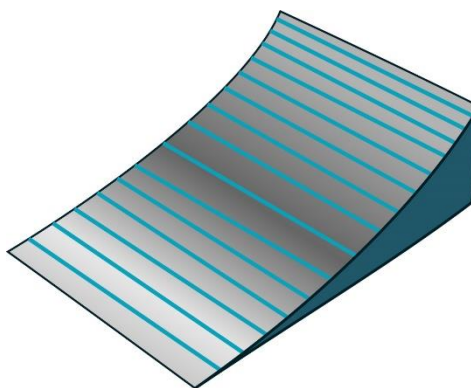
### 3.2.3 Konstant Z

Dokončení Konstant Z je strategie, která se využívá pro dokončování vertikálních ploch. Výhodou této strategie je spojení pohybu s dráhou do spirály, přičemž vzniká spojitá dráha. Tato strategie dokáže odstranit nebezpečné segmenty drah a nalézt podkosové plochy a s použitím vhodného nástroje je obrobít, viz **obr. 3.9**.

Obr. 3.9 Konstant Z<sup>3</sup>.

### 3.2.4 Dokončení optimalizovaným Konstant Z

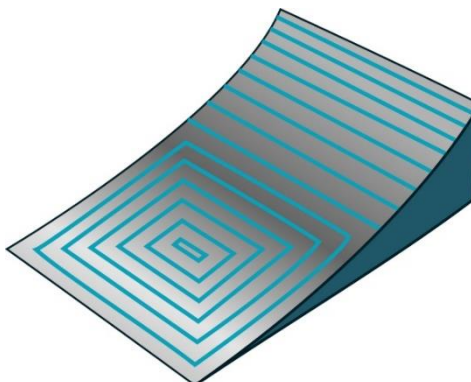
Dokončení optimalizovaným Konstant Z je strategie, která se využívá pro dokončování vertikálních i horizontálních ploch. Dráhy této strategie plynule přechází z vertikální plochy na plochu horizontální a to na strategii rastrem. Jedná se tedy o kombinovanou strategii, viz **obr. 3.10**.



Obr. 3.10 Dokončení optimalizovaným konstant Z<sup>3</sup>.

### 3.2.5 Dokončení strmé plošné

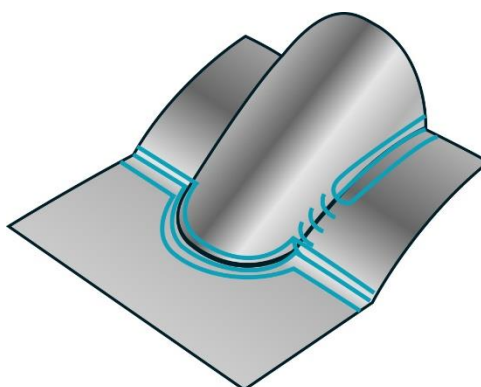
Dokončení strmé plošné je strategie, která se využívá pro dokončování vertikálních i horizontálních ploch. Ve vertikální ose se strategie chová jako Konstant Z a v horizontální jako offset nebo rastr. Tato strategie využívá jeden nástroj a je především vhodná pro dokončování menších ploch bez viditelných napojení, viz **obr. 3.11**.



Obr. 3.11 Dokončení strmé plošné<sup>3</sup>.

### 3.2.6 Dokončení rohu

Dokončení rohu je strategie, která se využívá pro obrábění takových oblastí, kde se větší nástroj nedostane. Dokončení rohu zahrnuje 5 typů strategií: multi-pero, tužkové, příčné, podélné a kombinaci příčného a podélného. U této strategie je možné aplikovat kombinovanou strategii pro pohyb po strmých oblastech a řádkovací strategii pro mělké oblasti, viz **obr. 3.12**.

Obr. 3.12 Dokončení rohu<sup>3</sup>.

**Další dokončovací strategie:** Rotační dokončování, Dokončení plochy, Dokončení bokem, Dokončení swarf, Dokončení projekcí křivkou, přímkou, bodem, rovinou či plochou Dokončení profilu diskem a další.

**Speciální strategie:** Hrubování modelu lopatky, Dokončování lopatky, Dokončení středu, Hrubování kanálku, Dokončení kanálku odvrtáním, Dokončení kanálku spirálou a další.

### 3.3 Program PowerMill 10

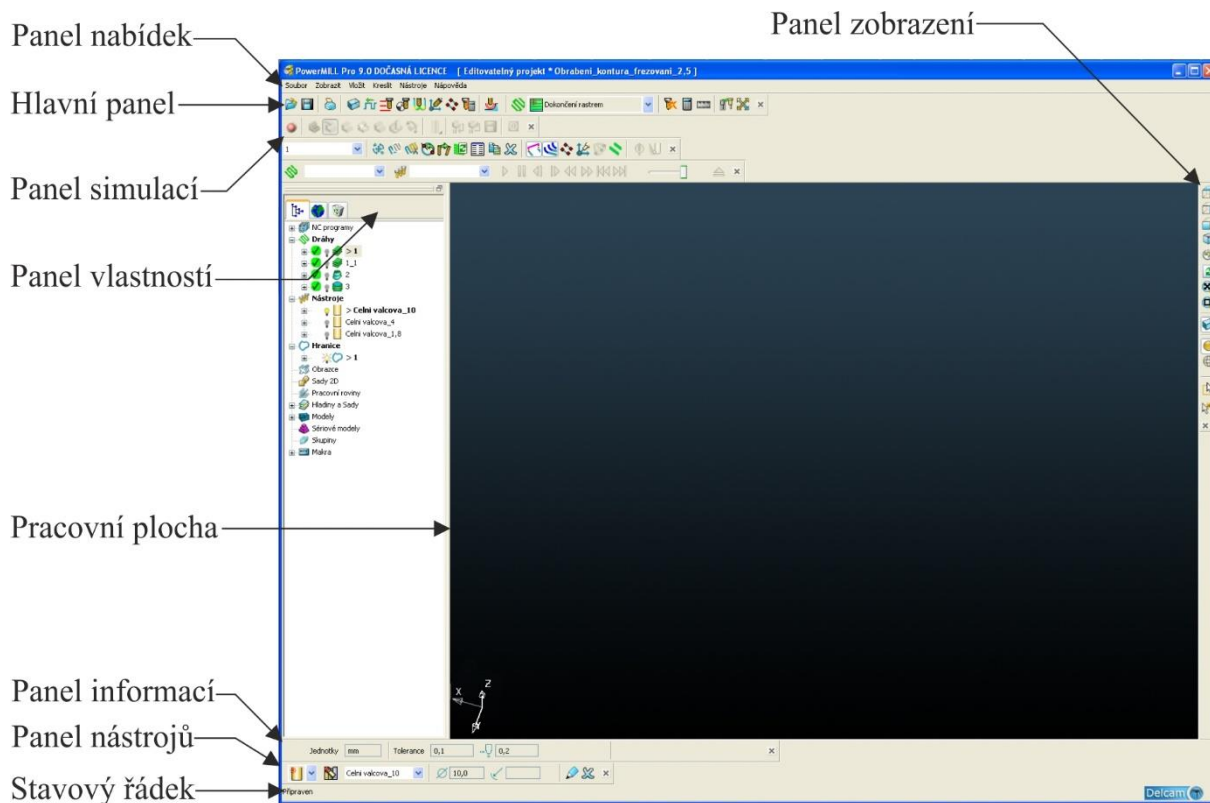
PowerMILL je software vysoké kvality pro CNC programování tříosých i víceosých frézovacích center. Primárně je určen pro frézování tvarových ploch tříosými, čtyřosými i pětiosými strategiemi, nicméně od verze 9 obsahuje i pro případ potřeby rozšířené možnosti 2.5D frézování. Program nachází největší uplatnění v automobilovém a leteckém průmyslu<sup>3</sup>.

Přednosti programu:

- simulace vygenerovaných drah,
- podpora 11 druhů nástrojů včetně ukládání do databáze,
- obsahuje přes 40 obráběcích strategií,
- podpora vysokorychlostního obrábění,
- podpora velkého množství vstupních formátů (např. Inventor, Catia, Solidworks, AutoCAD, Step, Proengineer a další),
- obsahuje vlastní 3D modelář,
- společnost DELCAM, která tento software vytvořila, využívá vlastní komerční nástrojárnu.

### 3.3.1 Pracovní prostředí programu PowerMill 10

Prostředí programu PowerMill je rozděleno do devíti hlavních úseků, viz **obr. 3.13**. Co se týče ovládání programu, je uživatelsky velmi příjemné.



Obr. 3.13 Pracovní prostředí programu PowerMill 10<sup>3</sup>.

### 3.4 Obráběný materiál

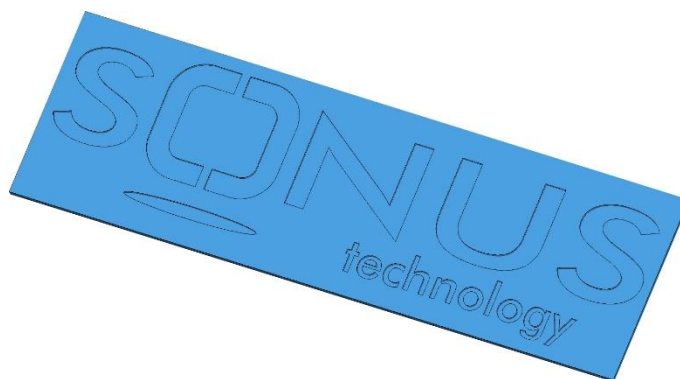
Pro výrobu loga společnosti bude použit eloxovaný hliník. Hliník je velmi lehký kov bělavě šedé barvy, dobrý vodič elektrického proudu, široce používaný v elektrotechnice a ve formě slitin v leteckém průmyslu a mnoha dalších oborech průmyslové výroby. Chemické složení tohoto materiálu je uvedeno v **tab. 3.1**. Označení tohoto materiálu dle ČSN je ČSN 424005, označení dle německé normy DIN 1725 je 3.0255 a dle EN 573-3 je EN AW-1050A<sup>31,32</sup>. Eloxování je jednou z chemicko-tepelných povrchových úprav hliníku a jeho slitin. Pro dobré vlastnosti této konverzní vrstvy nachází široké uplatnění v průmyslu. Korozní odolnost, barevnost, lesklý nebo matný povrch dává součástce dekorativní vzhled. Z technologického hlediska jde o povrchovou úpravu finančně méně náročnou, ekologicky šetrnou, kde nejsou použity toxické látky<sup>33</sup>.

Tab. 3.1 Chemické složení<sup>31</sup> (hm. %).

	Si	Fe	Cu	Zn	Ti	Al
Min.	-	-	-	-	-	99,50
Max.	0,30	0,40	0,05	0,07	0,05	-

### 3.5 Import modelu

3D model vytvořený v programu Autodesk Inventor, uložený do formátu STL, se následně naimportuje do programu PowerMILL. Vytvořený model lze načíst přímo z CAD systému nebo lze převést pomocí překladače PS-Exchange a následně model naimportovat. Ihned po načtení modelu lze provést kontrola správného načtení všech ploch pomocí stínování. Mimo to, je vhodné použít možnost „Stínování minimum rádiusů“, která omezuje výběr největšího nástroje pro dokončovací obrábění, a provést analýzu úkosů. Naimportovaný 3D model, viz **obr. 3.14**.



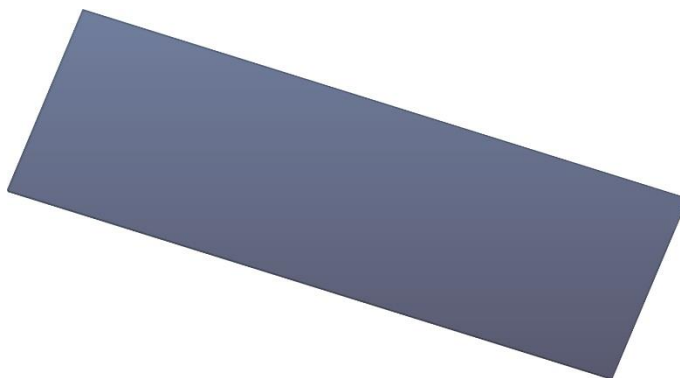
Obr. 3.14 Naimportovaný 3D model<sup>3</sup>.

### 3.6 Definice polotovaru

Definice polotovaru je velmi podstatná a může ovlivnit následné obrábění. Polotovar se definuje na základě podobnosti geometrie modelu. Definici polotovaru lze provést několika rozdílnými způsoby:

- box - definovaný limitami rozměrů v jednotlivých osách,
- obraz - definovaný 2D křivkou,
- model - definovaný 3D modelem,
- hranice - definovaný hranicí,
- válec - definovaný polohou středu, výškou a průměrem<sup>34</sup>.

Náš model vychází z tvaru kvádrů, proto byl zvolen box - definovaný limitami rozměrů v jednotlivých osách, viz **obr. 3.15**.



Obr. 3.15 Nadefinovaný polotovar<sup>3</sup>.

Následným krokem bylo provedeno nastavení přejezdů a rychloposuvů z důvodu zamezení kolizí mezi nástrojem a obrobkem a vyloučení zbytečných přejezdů.

### 3.7 Volba vhodných strategií, nástrojů a řezných podmínek

K výrobě loga společnosti byly použity 2 hrubovací a 1 dokončovací strategie:

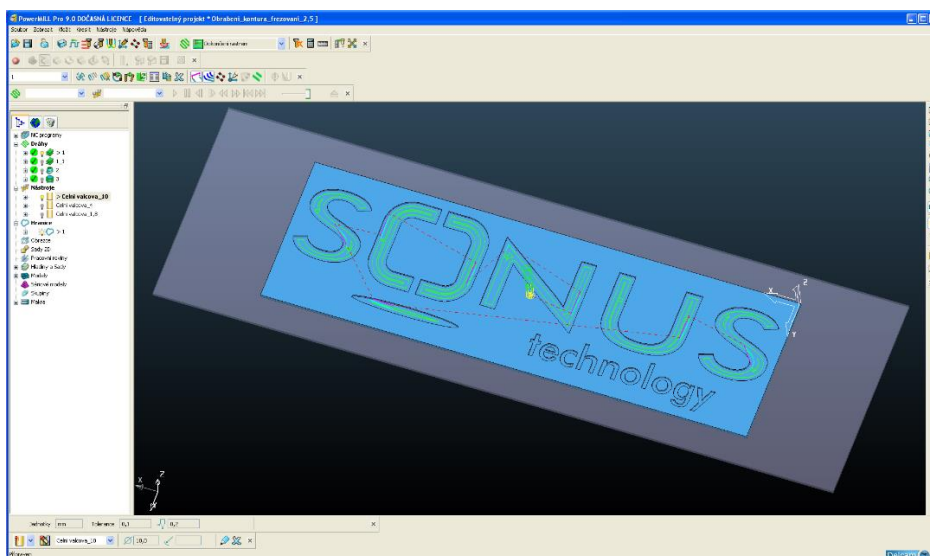
- hrubování offsetem,
- hrubování zbytkové,
- dokončení optimalizovaným Konstant Z.

#### 3.7.1 Hrubování offsetem, volba nástrojů a řezných podmínek

Jako první obráběcí strategie byla zvolena strategie hrubování offsetem. Tato strategie umožňuje odebrat co největší objem materiálu za co nejkratší čas. Přídavek na obrábění byl zvolen 0,2 mm. Krok byl nastaven na hodnotu 5 mm, krok dolů na hodnotu 1 mm. Osa nástroje byla zvolena vertikálně. Parametry obrábění pro hrubování offsetem jsou uvedeny v **tab. 3.2**. Vygenerované dráhy pro hrubování offsetem, viz **obr. 3.16**.

Tab. 3.2 Parametry obrábění.

Nástroj	Hrubovací stopková fréza Ø 10 mm
Axiální přídavek	0,2 mm
Radiální přídavek	0,2 mm
Krok	5 mm
Krok dolů	1 mm
Směr obrábění	Sousledný
Otáčky vřetene	5 000 min <sup>-1</sup>
Řezná rychlost	157 m.min <sup>-1</sup>
Posuvová rychlost	580 mm.min <sup>-1</sup>
Sjezdová rychlost	200 mm.min <sup>-1</sup>
Posuv na zub	0,029 mm



Obr. 3.16 Vygenerované dráhy pro hrubování offsetem.

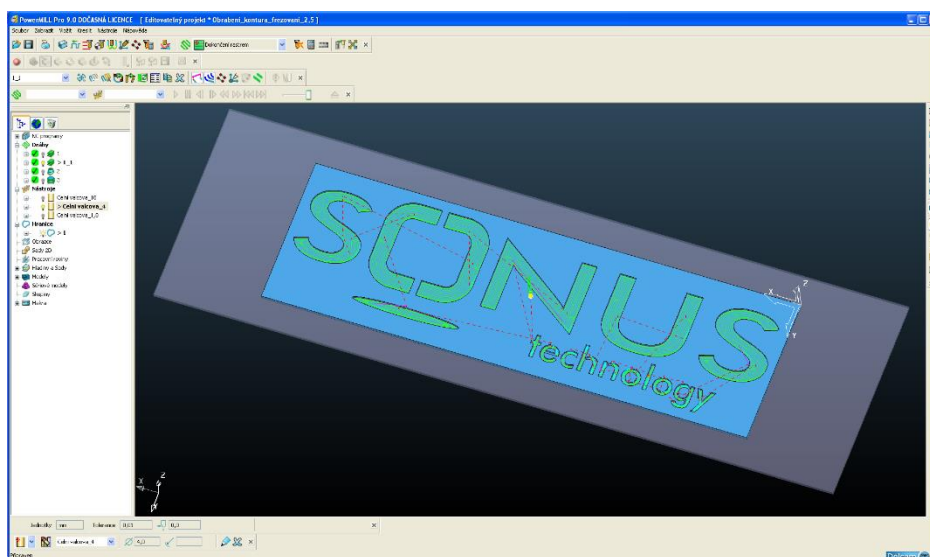


### 3.7.2 Hrubování zbytkové, volba nástrojů a řezných podmínek

Jako další obráběcí strategie byla zvolena strategie hrubování zbytkové. Tato strategie pracuje s nástrojem menším než předchozí strategie a právě proto dokáže obrobit prostorově složitější místa. V našem případě byly vyhlazeny dráhy po prvním frézování a došlo k většímu úběru materiálu v rozích. Krok byl nastaven na hodnotu 2 mm, krok dolů na hodnotu 0,7 mm. Osa nástroje byla zvolena vertikálně. Parametry obrábění pro hrubování zbytkové jsou uvedeny v **tab. 3.3**. Vygenerované dráhy pro hrubování zbytkové, viz **obr. 3.17**.

Tab. 3.3 Parametry obrábění.

Nástroj	Hrubovací stopková fréza Ø 4 mm
Axiální přídavek	0 mm
Radiální přídavek	0 mm
Krok	2 mm
Krok dolů	0,7 mm
Směr obrábění	Sousledný
Otáčky vřetene	5 500 min <sup>-1</sup>
Řezná rychlost	69 m.min <sup>-1</sup>
Posuvová rychlost	640 mm.min <sup>-1</sup>
Sjezdová rychlost	200 mm.min <sup>-1</sup>
Posuv na zub	0,029 mm



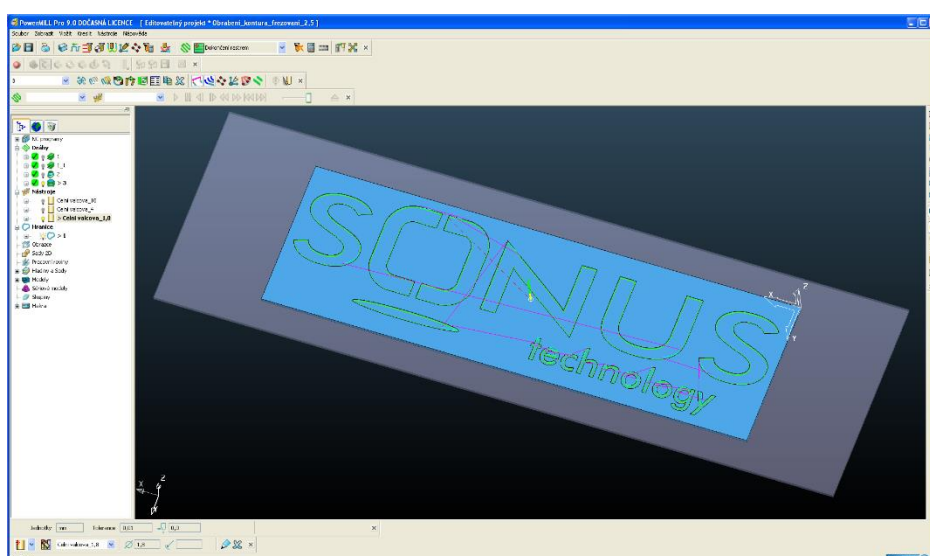
Obr. 3.17 Vygenerované dráhy pro hrubování zbytkové.

### 3.7.3 Dokončení optimalizovaným Konstant Z, volba nástrojů a řezných podmínek

Jako poslední obráběcí strategie byla zvolena strategie optimalizovaným Konstant Z. Tato strategie se využívá pro dokončování vertikálních i horizontálních ploch. V našem případě byly vygenerovány dráhy v rozích pro obrobení načisto. Krok dolů byl nastaven na hodnotu 0,7 mm. Osa nástroje byla zvolena vertikálně. Parametry obrábění pro hrubování zbytkové jsou uvedeny v **tab. 3.4**. Vygenerované dráhy pro hrubování zbytkové, viz **obr. 3.18**.

Tab. 3.4 Parametry obrábění.

Nástroj	Hrubovací stopková fréza Ø 1,8 mm
Axiální přídavek	0 mm
Radiální přídavek	0 mm
Krok dolů	0,3 mm
Směr obrábění	Sousledný
Otáčky vřetene	5 900 min <sup>-1</sup>
Řezná rychlost	33,36 m.min <sup>-1</sup>
Posuvová rychlost	300 mm.min <sup>-1</sup>
Sjezdová rychlost	100 mm.min <sup>-1</sup>
Posuv na zub	0,025 mm



Obr. 3.18 Vygenerované dráhy pro dokončení optimalizovaným Konstant Z.

Základní vzorce pro kinematiku obráběcího procesu viz **tab. 3.5**.

Tab. 3.5 Základní vzorce

Výpočet řezné rychlosti	$v_c = \frac{\pi \times D \times n}{1000}$	[m.min <sup>-1</sup> ]
Výpočet posuvu nástroje:	$v_f = f_z \times z_n \times n$	[mm.min <sup>-1</sup> ]
Výpočet otáček nástroje:	$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D}$	[min <sup>-1</sup> ]

## 4 VÝROBA LOGA SPOLEČNOSTI NA KONZOLOVÉ VERTIKÁLNÍ FRÉZCE FV 25 CNC A

Výroba loga společnosti proběhla na konzolové vertikální frézce FV 25 CNC A s řídicím systémem Heidenhaim iTNC 530, viz **obr. 4.1**. Řídicí program, který byl vytvořen v programu PowerMill byl načten do řídicího systému. Poté proběhlo frézování do hliníkové tabule.



Obr. 4.1 Frézka FV 25 CNC A.

### 4.1 Frézka FV 25 CNC A

Frézka FV 25 CNC A, viz **obr 4.1**, je souvisle říditelná vertikální konzolová frézka. Jednou z její hlavní součástí je výškově přestavitelná konzola pohybující se po vedení stojanu. Na konzole je uložen příčný pracovní stůl s podélným pracovním stolem. Uspořádání jednotlivých pohybů umožňuje přestavení obrobku, který je upnut na pracovním stole ve třech pravoúhlých osách vzhledem k nástroji. Nástroj je upnut ve vřetenu stroje. Svislý pohyb je vykonáván pinolou, která se nachází ve vřetenu stroje. Konzola a vřeteno jsou spojeny se stojanem, který je ustaven na základně stroje. Na pravé straně je otočně umístěno rameno s ovládacím panelem. V zadní části je rozvodová skříň s elektronikou.

Tato konzolová frézka je vhodná především pro frézování rovinných ploch a tvarově komplikovaných ploch u menších součástí. Dále je vhodná pro součásti s velkým podílem vrtacích, vyvrtávacích a závitových operací. Pohon a rozsah otáček vřetena zabezpečuje efektivní obrábění všech druhů kovů, od slitin lehkých kovů po nástrojářské oceli. Hlavní technické údaje stroje jsou popsány v **tab. 4.1**.

Tab. 4.1 Hlavní technické údaje stroje.

Stůl		
Rozměry pracovní plochy	[mm]	300 x 1300 x (350 x 1300)
Počet upínacích drážek	[ks]	5
Šířka a rozteč upínacích drážek	[mm]	14 x 50
Maximální zatížení stolu	[kg]	200
Pracovní zdvih		
Podélný – osa X	[mm]	760
Příčný – osa Y	[mm]	355
Svislý – osa Z	[mm]	152
Svislé přestavení konzoly	[mm]	420
Pracovní posuv	[mm.min <sup>-1</sup> ]	2,5 ÷ 3000
Rychloposuv	[mm.min <sup>-1</sup> ]	9000
Vřeteno		
Upínací kužel		ISO40
Otáčky n	[min <sup>-1</sup> ]	50 ÷ 6000
Výkon P	[kW]	5,5
Vzdálenost osy vřetene od vedení stojanu	[mm]	373
Stroj		
Celkový výkon P	[kW]	22
Hmotnost m	[kg]	1500
Zastavěná plocha	[mm]	2750 x 2385
Výška	[mm]	2030

#### 4.2 Příprava stroje

Po zapnutí obráběcího centra a spuštění řídicího systému byly provedeny nájezdy v jednotlivých osách x, y, z do referenčního bodu R. Najetím referenčních bodů dochází k přesnému kalibrování mezi odměřovacími zařízeními a nulovým bodem stroje M. Nulový bod stroje M je dán přesně výrobcem a nelze jej měnit. Vzdálenosti mezi referenčním bodem a nulovým bodem stroje jsou uloženy v řídicím systému jako konstanty.

#### 4.3 Upnutí obrobku, stanovení nulového bodu

Upnutí obrobku musí být bezpečné a pevné tak, aby se nepoškodil nástroj nebo stroj. Musí být však upnutý tak, aby nedošlo k deformaci obrobku. Díky správnému upnutí je možno dosáhnout požadovaných parametrů výrobku, jako jsou např. drsnost povrchu či tvarové a rozměrové tolerance.

V našem případě byla na obrobku přesně vytyčena místa pro upnutí kvůli vyloučení kolizí mezi nástrojem a upínkami, viz **obr. 4.2. b)**. Dále byl určen nulový bod pomocí měřicí sondy, viz **obr. 4.2 a)**. Řídicí systém stroje Heidenhaim iTNC 530 disponuje cykly pro dotykovou sondu, což vede ke zkrácení času nutného k určení nulového bodu obrobku. Program byl odladěn na panelu stroje a odsimulován. Následně byla součást vyrobena.



Obr. 4.2 Upnutí obrobku, stanovení nulového bodu a) měřicí sonda, b) upnutí obrobku.

#### 4.4 Obrábění součásti

Obrobení součásti bylo provedeno ve třech hlavních fázích. Jako první fáze proběhlo vyhrubování offsetem za pomoci stopkové frézy o  $\varnothing 10$  mm se čtyřmi břity, viz **obr. 4.3 a)**. Vyhrubování trvalo 1 hodinu a 4 minuty. Výsledek hrubování je zobrazen v **obr. 4.3 b)**.



Obr. 4.3 a) stopková fréza  $\varnothing 10$  mm, b) vyhrubování offsetem.

Jako druhá fáze následovalo hrubování zbytkové a to za pomoci stopkové frézy o  $\varnothing 4$  mm se čtyřmi břity, viz **obr. 4.4 a)**. Vyhrubování trvalo 28 minut. Výsledek hrubování je zobrazen v **obr. 4.4 b)**.



Obr. 4.4 a) stopková fréza  $\varnothing$  4 mm, b) vyhrubování offsetem.

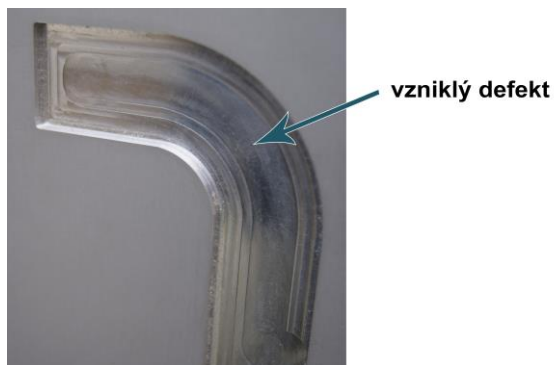
Jako poslední fáze proběhlo dokončení Konstant Z a to za pomoci stopkové frézy o  $\varnothing$  1,8 mm se dvěma břity, viz **obr. 4.5 a)**. Dokončování trvalo 2 hodiny a 25 minut. Výsledek dokončování je zobrazen v **obr. 4.5 b)**.



Obr. 4.5 a) stopková fréza  $\varnothing$  1,8 mm, b) dokončení Konstant Z.

#### 4.5 Vzniklé defekty

V průběhu frézování došlo v symbolu "O" k nepatrnému defektu. K defektu došlo vlivem prohnutí hliníkového plechu, kdy při hrubování fréza o  $\varnothing$  10 mm vyfrézovala prohnuté místo hlouběji, viz **obr. 4.6)**.



Obr. 4.6 Vzniklý defekt.

## ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo kompletní zpracování loga společnosti a to od návrhu až po výrobu samotného loga. V práci je detailně popsáno vytvoření vektorového loga v programu CorelDRAW X5 a jeho export do požadovaného formátu. Následným načtením vytvořené kontury do programu Autodesk Inventor Professional 2011 a jejím modelováním vznikl 3D model, na kterém byly s využitím aplikace PowerMILL 10 aplikovány obráběcí strategie pro navazující výrobu.

V teoretické části byly popsány možnosti výroby loga společnosti s využitím dostupných technologií a výrobních zařízení. Dále byly vysvětleny pojmy nejvyužívanějších obráběcích strategií v programu PowerMILL 10 a jejich využití.

V praktické části byl popsán celkový proces vzniku loga společnosti včetně popisu všech použitých nástrojů. Výroba samotného loga proběhla na konzolové vertikální frézce FV 25 CNC. Celkový čas obrábění byl 3 hodiny 57 minut. Všechny cíle bakalářské práce byly splněny. Vyhotovené logo společnosti je znázorněno v **obr. 4.7**.



Obr. 4.7 Logo společnosti.

## SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. Corel Corporation. *COREL*. [online]. © 2012 [vid. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://apps.corel.com/int/cz/index.html>.
2. Inventor. *AUTODESK*. [online]. © 2012 [vid. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://www.autodesk.cz/products/autodesk-inventor-family/overview>.
3. PowerMILL – cad cam pro 2D, 3D a 5D frézování. *Delcam*. [online]. © 2012 [vid. 2012-03-25]. Dostupné z: <http://www.delcam.cz/produkty/powermill/>.
4. Vektorový grafický formát DXF. *ROOT.CZ*. [online]. [vid. 2012-03-28]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/vektorovy-graficky-format-dxf/>.
5. Výměna dat mezi různými systémy CAD. *AUTOMA časopis pro automatizační techniku*. [online]. © 2012 [vid. 2012-03-28]. Dostupné z: [http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id\\_document=33435](http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=33435).
6. Vektorové grafické formáty a metaformáty. *ROOT.CZ*. [online]. [vid. 2012-03-28]. Dostupné z: <http://www.root.cz/clanky/vektorove-graficke-formaty-a-metaformaty/>
7. Ukázky možností 3D reklamy. *3D REKLAMY.cz*. [online]. [vid. 2012-03-29]. Dostupné z: <http://3dreklamy.cz/galerie.php>.
8. 3D kovové nápisy a loga. *INTERSIGN*. [online]. © 2012 [vid. 2012-03-29]. Dostupné z: <http://intersign.cz/3d-kovove-napisy-a-loga>.
9. Gravírování štítků a cedulek. *3D – ATELIER*. [online]. [vid. 2012-03-29]. Dostupné z: <http://www.3d-atelier.cz/index.php/cz/vyroba-reklamy/gravirovani>.
10. KOCMAN, K., PROKOP, J. *Technologie obrábění*. 2. vydání. Brno: AKADEMICKÉ NAKLADATELSTVÍ CERM, s.r.o., 2005. 270 s. ISBN 80-214-3068-0.
11. Laser. *WIKIPEDIE*. [online]. [vid. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Laser>.
12. Laserové gravírky a řezačky. *MediCom*. [online]. [vid. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.medicom.cz/p.php?p=prumyslove,produkty,gravirovani,iLaser4000>.
13. Řezání laserem. *KOVOVÝROBA JIŘÍ MATUŠÍK*. [online]. [vid. 2012-04-03]. Dostupné z: <http://www.matusik.cz/cz/14-rezani-laserem/20-2d-paleni.html>.
14. Gravírované výrobky. *edeco*. [online]. [vid. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.levnegravirovani.cz/>.
15. ŘASA, J., JINDROVÁ, R. Lasery, laserové technologie a stroje s laserem. *Průmyslové spektrum*. [online]. © 2012 [vid. 2012-04-08]. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/lasery-laserove-technologie-a-stroje-s-laserem.html>.
16. Počítačem řízená řezačka polystyrénu. *CYBERTRONIC*. [online]. © 2012 [vid. 2012-04-12]. Dostupné z: <http://www.cybertronic-labs.cz/rezacka-polystyrenu.html>.
17. Řezačky polystyrenu. *MOUTAIN*. [online]. © 2009 [vid. 2012-04-12].



- Dostupné z: <http://www.signmakingove-stroje.cz/rezacky-polystyrenu>.
18. 3D reklama. *POLYSTYRENOVÁ REKLAMA*. [online]. [vid. 2012-04-12].  
Dostupné z: <http://www.polystyrenovenapisy.cz/fotogalerie.html>.
  19. Frézování. *TECHNOLOGIE STROJE A ZAŘÍZENÍ*. [online]. [vid. 2012-04-16].  
Dostupné z: <http://techstroj.g6.cz/T/T16.pdf>.
  20. HUMÁR, A. Výrobní technologie II. *Ústav strojírenské technologie*. [online]. [vid. 2012-04-18]. Dostupné z:  
[http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/oporysave/VyrobníTechnologie\\_II.pdf](http://ust.fme.vutbr.cz/obrabeni/oporysave/VyrobníTechnologie_II.pdf).
  21. Technologie. *ABSTRAKT digitální tisk a reklama*. [online]. © 2012 [vid. 2012-04-17].  
Dostupné z: <http://www.abstrakt.cz/technologie.htm>.
  22. CNC frézování. *KAVALIR*. [online]. © 2012 [vid. 2012-04-17].  
Dostupné z: <http://www.gravirovani-laserem.com/cnc-frezovani.php>.
  23. THOMA, P. Gravírování jako reklamní technologie. *SVĚT TISKU*. [online]. [vid. 2012-04-20]. Dostupné z: [http://www.svettisku.cz/buxus/generate\\_page.php?page\\_id=3108&buxus\\_svettisku=a2967845eea4](http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=3108&buxus_svettisku=a2967845eea4).
  24. Gravírování. *gravo express*. [online]. [vid. 2012-04-19].  
Dostupné z: <http://www.gravoexpress.cz/gravirovani.php>.
  25. Gravírovací stroje. *AWC APPLE WORD COMPANY*. [online]. [vid. 2012-04-19].  
Dostupné z: <http://www.awc.cz/16618-roland-egx-350.html>.
  26. CNC frézování a gravírování. *Accept výroba reklamy*. [online]. [vid. 2012-04-19].  
Dostupné z: <http://www.accept.cz/cnc-frezovani-a-gravirovani.html>.
  27. Speciální metody obrábění. *Mgr. Jan Hamerník*. [online]. © 2012 [vid. 2012-04-23].  
Dostupné z: [http://jhamernik.sweb.cz/Specialni\\_metody.htm](http://jhamernik.sweb.cz/Specialni_metody.htm).
  28. Nekonvenční metody obrábění. *MM Průmyslové spektrum*. [online]. [vid. 2012-04-23].  
Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/nekonvecni-metody-obrabeni>.
  29. Machine outfit. *wfehr*. [online]. [vid. 2012-04-23].  
Dostupné z: <http://www.wfehr-ag.ch/en/about-us/machine-outfit.html>.
  30. Elektroerozivní obrábění. *ABC České Hospodářství*. [online]. © 1996-2014 [vid. 2014-04-16]. Dostupné z:  
<http://nabidky.abc.cz/nabidka/662769-cz-elektroerozivni-obrabeni/>.
  31. Hliníkové slitiny. *PROAL*. [online]. © 2009 [vid. 2014-04-12].  
Dostupné z: <http://www.proal.cz/info/slitiny.htm>.
  32. Hliník. *METAL CENTRUM*. [online]. © 2014 [vid. 2014-04-16].  
Dostupné z: <http://www.metalcentrum.cz/clanek/hlinik/>
  33. Eloxování. *LARS CHEMIE*. [online]. © 2010 [vid. 2014-04-16].  
Dostupné z: <http://chemie.lars.cz/galvanovna/eloxovani/>.
  34. POLZER, A. 4. Výukový modul: CAD/CAM . Inovace studijních programů Strojírenské technologie. [online]. [vid. 2014-04-28]. Dostupné z:  
[http://www.svettisku.cz/buxus/generate\\_page.php?page\\_id=3108&buxus\\_svettisku=a2967845eea4](http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=3108&buxus_svettisku=a2967845eea4).

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

symbol	jednotka	význam
D	[mm]	Průměr nástroje
m	[kg]	Hmotnost
n	[min <sup>-1</sup> ]	Otáčky nástroje
P	[kW]	Výkon
v <sub>c</sub>	[m.min <sup>-1</sup> ]	Řezná rychlost
v <sub>f</sub>	[m.min <sup>-1</sup> ]	Posuv nástroje
Řecký symbol	jednotka	význam
π		Ludolfovo číslo
Zkratka	popis zkratky	
2,5D	Two and half dimensional	
2D	Two and dimensional	
3D	Three dimensional	
CAD	Computer Aided Design	
CAM	Computer Aided Manufacturing	
CNC	Computer Numeric Control	
DWG	DraWinG	
DXF	Data eXchange Format	
STL	Stereolithographie	