

Óbudai Egyetem
RS Könnyűipari és Környezetmérnöki Kar
Terméktervező Intézet



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

LÉZERVÁGÁS A TÁRGYTERVEZÉSBEN

Szerző: **Kovács Fruzsina**
Ipari termék- és formatervező
mérnöki (Bsc) szak, IV. évfolyam

Konzulens: **Dr. habil Kisfaludy Márta**
egyetemi docens, intézetigazgató

Budapest, 2012.

TARTALOMJEGYZÉK

Bevezető.....	3
1 Lézervágás Története, alkalmazási területei.....	4
1.1 A lézer előzménye.....	4
1.2 Lézertechnika felhasználási területei	5
2 A Technológia bemutatása	7
2.1 Az Eposz Kft. bemutatása	7
2.2 Alkalmazott berendezések	10
2.2.1 Lézergépek.....	10
2.2.2 Vágáshoz használt gázok	13
2.3 Alapanyagok	14
2.4 Árkalkuláció.....	15
3 Egyéni alkalmazás	16
3.1 A kísérlet részletes leírása	20
4 Konklúzió, További célok	25
Összegzés, köszönetnyilvánítás	25
Irodalomjegyzék	26
Mellékletek	27

BEVEZETŐ

A dolgozatom témája a lézervágás technológia ismertetése és alkalmazási lehetőségeinek feltárása.

A téma aktualitása a hazánkban végbemenő gazdasági folyamatokra vezethető vissza. Magyarországon csupán a rendszerváltás után nyílt lehetőség magánvállalkozás alapítására. Az 1990-es évek elején a magánvállalkozók száma csaknem hétszeresére bővült.

Édesapám, Kovács János is ebben az időszakban indította el vállalkozását. Olyan szolgáltatással indult el, amiből abban az időben hiány volt a termelési szektorban.

Elmondható, hogy a céggel együtt növekedtem én is. Iskolai szüneteim alatt az üzemnél tevékenykedtem 13 éves korom óta. A gyártási metódus minden mozzanatában igyekeztem részt venni, hogy átláthassam az egész folyamatot. Szívesen részt veszek a tárgyalásokon és a céglátogatásokon. Ugyanakkor több hónapot töltöttem a termelésben is. Ez idő alatt a munkások mellett megismerkedtem a gépek működésével és a kiegészítő, előkészítő tevékenységekkel valamint az irodai munkákkal.

Gyermekkorom óta foglalkoztat a cég sorsa. Mára elérkezett az az idő, amikor azok a vállalatok, amelyeket a '90-es évek előtt alapítottak, generációváltás előtt állnak. Az utódlás kérdése felelősségteljes vállalkozás, ezt felismerve saját tanulmányaimat is olyan irányba kezdtem el terelni, amely elősegíti az Édesapám által megteremtett értékek megőrzését.

TDK dolgozatom célja, hogy megismerjem és megismertessem a rendelkezésünkre álló technológiát, valamint új utakat nyissak meg a cég fejlesztésének érdekében. A vállalat főként beszállítói munkát végez, a jelenlegi megrendelésszám mellett csak kevés kapacitás marad az egyéni termékfejlesztésre.

A saját termék gyártásának elindítása rengeteg forrást felemésztő folyamat, ezért első lépésként kis darabszámú, egyedi tárgyak megtervezésében és kivitelezésében gondolkodom, melyet különleges alkalmakra ajánlok a felhasználóknak.

Kutatásom során áttanulmányoztam számos szakirodalmat, gyártói weboldalakat, vizsgáltam a cég környezetét és fejlődését, konzultáltam szakemberekkel emellett részt vettem a gyártási folyamatokban.

A dolgozatban betekintést nyújtok a lézervágási technológia előzményeibe és felhasználási területeibe, a kivitelező cég, az Eposz Kft. tevékenységébe, valamint a lézervágó berendezések működési elveibe. Kísérletemet részletesen taglalom a tervezéstől a kivitelezésig, majd konklúziót vonva ismertetem további elképzeléseimet, céljaimat.

1 LÉZERVÁGÁS TÖRTÉNETE, ALKALMAZÁSI TERÜLETEI

1.1 A lézer előzménye

A LASER megnevezés egy mozaikszó, az Light Amplification by the Stimulated Emission of Radiation angol kifejezésből származik. Az első lépést a lézervágás felé 1917-ben Albert Einstein teóriái jelentették. Einstein stimulált emisszió elve és a kvantummechanika alapjai kellettek ahhoz, hogy további hosszabb kutatások útján eljussanak a lézersugár előállításáig.

A lézer közvetlen elődje, a MASER - Microwave Amplification by Stimulated Emission of Radiation - melynek fizikai alapjait 1954-ben Charles Townes és Arthur Schawlow amerikai fizikusok állították elő ammónia gáz és mikrohullámú sugárzás használatával.

Ez a technológia már nagyon közelített a lézertechnika elvéhez, de látható fényt nem alkalmazott. A két kutató szabadalmat kapott a találmányra, amit arra használtak, hogy felerősítsék a rádiójeleket és segítsék az űrkutatásokat.

Charles Townes és Arthur Schawlow pároson kívül Nikolay Basov és Alekszandr Prohorov, a volt Szovjetunió elismert fizikusai, további tanulmányokat végeztek egy olyan lézer fejlesztésére, ami infravörös vagy látható spektrumú fénysugarat használ. Elméleteiket külön publikálták, de az 1964-ben a kvantumelektronikai területén végzett munkájukért kapott fizikai Nobel-díjat megosztották egymás között.

Ezek után több párhuzamos kutatás is elindult annak érdekében, hogy különféle anyagokból lézersugarat állítsanak elő. Egyeseket az foglalkoztatott, hogyan tudnák alkalmazni ezt az elméletet rövidebb fényhullámokra is, mások a gázok vagy folyadékok felhasználásával kísérelték meg kibocsájtani a folyamatos lézersugarat. 1960-ban Theodore Maiman a kaliforniai Hughes kutatólaboratóriumban végzett kísérletei során észlelte elsőként a rubin által létrehozott optikai vagy lézerfényt. Ugyanebben az évben a Bell Telephone Laboratóriumhoz csatlakozó iráni-amerikai fizikus és feltaláló, Ali Javan, bemutatta hélium-neon gázzal működő lézerét. A gázlézer volt az első folyamatos fényű lézergép, ami a villamos energia fénné való átalakításának elvén működött. Ezt számos gyakorlati alkalmazásban használják.

1962-ben Robert N. Hall, amerikai mérnök és alkalmazott fizikus forradalmi típusú, félvezető lézert hozott létre. Még napjainkban is ezt használják a különböző elektronikus készülékekben (pl.: CD lejátszó) és kommunikációs rendszerek.

1964-ben C. Kumar N. Patel, indiai állampolgárságú amerikai kutató, a New Jersey-ben működő AT and T Bell Laboratórium Anyagtudományi, Műszaki és Tudományos Ügyek részlegének vezetőjeként megalkotta a szén-dioxidos lézert, amit ma is több területen használnak. A lézeres távmérő és célzási rendszerek megalkotója Hildreth Hal Walker amerikai kutató. Találmányát főként a hadiiparban használják.

Gordon Gould, a Columbiiai Egyetem doktorandusza, az első feltaláló, akinek a „LASER” szó hivatalosan saját kutatásait fémjelzi. Őt is a MASER ihlette a kezdeti optikai lézer továbbfejlesztésére. Hosszas szabadalmi pereskedés után, 1977-ben nyerte el a lézer szó használatát.

A lézerfejlesztések korai időszakasaiban már végeztek kutatásokat a speciális típusú lézerek előállítására, így felhasználásuk széleskörűen elterjedt. Felhasználási területtől függően különböző optimalizálási célokat tűztek ki, ezek a fejlesztések még a mai napig is tartanak. [1.] [2.]

1.2 Lézertechnika felhasználási területei

A teljesség igénye nélkül az alábbiakban felsorolom a lézerek legismertebb alkalmazásait.

- *Tudományos területek:*

Csillagászat, meteorológia, spektroszkópia, lézeres fagyasztás, energiakutatás... stb.

- *Katonai alkalmazások:*

Energiafegyverek, célmeghatározó rendszerek és egyéb távolság-meghatározó technológiák felhasználásában.

- *Orvostudomány:*

A lézerszike a sebészet legtöbb területén alkalmazott eszköz. Igénybe veszik például a kozmetikai sebészetben, a lágyszöveti sebészetben és a szemműtétek esetén is. Ezen felül alkalmazzák még terápiás kezelésekhez és a diagnosztizálás elősegítéséhez.

- *Távközlés, információ és szórakoztatás:*

Az optikai szál széles körben elterjedt a kommunikációs eszközök világában. A műholdas távközlés a lézerprojektoros kijelzők és a vonalkód-leolvasó rendszerek is ezen az elven működnek.

A különböző adattárolók (CD-k, DVD-k, Blue-ray lemezek) szinte mindig erre a technológiára támaszkodnak.

Igen népszerű a speciális effektusokat tartalmazó lézer-show a szórakoztató iparban.

- *Gép- és alkatrészgyártás:*

Az anyagmegmunkálás területén innovatív megoldásokat vonzott maga után a lézer feltalálása. A gyártás minden területén alkalmazzák, például vágásra, fúrásra, hegesztésre, forrasztásra, gravírozásra és megannyi felületkezelés kialakítására.

- *Könnyűipar:*

Az utóbbi években a lézertechnika forradalmi változásokat okozott a könnyűipari területeken is. Újszerű megközelítést tett lehetővé a különböző anyagok (papír, fa, fém, textil, mesterséges anyagok, pl. plexi) feldolgozásában. Hasznosítják a reklám és nyomdai kiadványok, a csomagolóipar, a bútorgyártás, a textilgyártás... stb. területein. [3.]



1.1 kép: Lézerek alkalmazása

Mára már nagyon erősen elterjedt a lézerek használata. Ez köszönhető annak is, hogy napjainkra több tényező is elősegíti az ilyen berendezések megvásárlását. A nyugatról, főként Németországból beáramló használt gépek elérhető áron megvásárolhatók.

Manapság már gyártanak gépeket a világ különböző pontjain. Tőlünk keletre is számtalan gépgyártó fogott fejlesztésekbe. A kínai és japán gyárak jóval kedvezőbb áron kínálják gépeiket, ami ugyancsak megkönnyíti a technológiához való hozzájutást. A olcsó keleti munkaerő miatt a nagy múltú európai gyártók az ázsiai területekre is telepítettek gyárakat. Az itt értékesített eszközök ára jóval elmarad az anyaországban kínált berendezésektől, de európai céggként csak az európai piacról van lehetőség a vásárlásra.

Különböző EU-s és közbeszerzési pályázatok (GOP, KMOP, Új Széchenyi Terv... stb.) keretében, a saját tőke befektetése mellett, jelentős támogatásokra lehet szert tenni új lézervágó munkaállomások beszerzésére is.

Ezért ma már nem csak a környező országokban van túlkínálat ebből a szolgáltatásból, hanem Magyarország területéhez képest is nagyon sok szolgáltató van, aki lézervágással foglalkozik, emiatt elég erős a konkurencia.

2 A TECHNOLÓGIA BEMUTATÁSA

2.1 Az Eposz Kft. bemutatása

Cégnév: Eposz Ipari Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.

Lézeres lemezmegmunkálás és elektrosztatikus porszórás

Ügyvezető: Kovács János

Telephely: 5310 Kisújszállás Külterület 01050/1

Alapítás dátuma: 1992.december 22.

Az Eposz Kft. 1992-ban kezdte el működését otthonunk szűkös melléképületében. Alapítói édesapám, Kovács János és jó barátja - aki mára sajnos nincs közöttünk - Blum Endre. Tevékenységüket elektrosztatikus porszórással készíthető műanyag bevonat készítésével kezdték el. Magyarországon a rendszerváltás után csak néhány helyen foglalkoztak színterézéssel. A kétszemélyes kisvállalat fokozatosan hozta be a megrendeléseket. Udvarunkon állandóvá vált a fuvarautók forgalma, a festésre váró alkatrészek szépen sorakoztak.

Már kisgyermekként is kíváncsian figyeltem az eseményeket. Édesapám gyakran magával vitt, amikor üzletkötés miatt utazott vidékre vagy porfestékért Budapestre.

1995-ben már kicsinek bizonyult a portánk, így abban az évben Kisújszállás külterületén földet vásárolt a cég és erre porszóró csarnokot építtetett. Munkájukat sikeresen folytatták, mind több alkalmazott bevonásával.

1996-ban az Eposz Kft megrendelést kapott német partnerétől. Az akkor még csak a porfestésben érdekelt cég lézervágott alkatrészek színterézésére kapott megbízást. Az alapítók érdeklődését felkeltette ez a technológia és utánajártak, milyen lehetőség van a szegmensek utángyártására. A 100 db kisebb alkatrész kivágására mindenütt 2-3 hónapos gyártási határidőt tudtak vállalni. Ebből érezhető volt, hogy sok a megrendelés és nagy a hiány a hazai piacon ebből a technológiából.

Magyarországon ebben az időben nagyon kevés lézervágó berendezés volt. Így nyilvánvalóan nagyobb volt a gépek lekötöttsége, mint ami a piaci igényeket teljesíteni tudná.

Ennek eredményeként 1999-ben egy Németországból vásárolt 2500kW-os használt Trumpf lézervágó berendezésbe investálták pénzüket.

Az új berendezések ára az 1990-es években még olyan magas volt, hogy számukra ez még elérhetetlennek bizonyult. Ebben az időben a mechanikus gépek kombinációja volt az elterjedtebb. A mechanikus megmunkáló központra egy szerszámállásba helyezték fel a lézeregységet és az alatta lévő asztal mozgatásával tudtak alkatrészeket kivágni. Ennek nyilvánvaló határai voltak a lemez mozgatása miatt. A mechanikus működésű gépekkel általában 6mm-es lemezvastagságig tudtak dolgoztatni.

Az 1999-ben vásárolt berendezéssel már 15 mm-es lemezvastagságig képesek voltak az alkatrészek kivágására. Édesapám tanulmányai során már megismerkedett az NC és CNC programozás alapjaival, így hamar sikerült elindítani az alkatrészek gyártását.

A kezdeti nehézségek és megpróbáltatások után elkezdte a gép kitermelni az árat, majd hasznot hozni a cég számára. A nyereséget felhasználva pályázatok segítségével újabb gépeket és egyre nagyobb területet vásároltak.

A gépparkot folyamatosan korszerűsítik CNC technológiával ellátott lemez- és csőmegmunkáló szerkezetekkel.

2003-ban vezették be a TÜV által tanúsított ISO 9001:2000 minőségbiztosítási rendszert, azóta is minden évben megújítva azt. Az audit-vizsgálatokra immár két éve én készítem fel a céget.

A környezet megóvása érdekében különféle eszközöket alkalmaznak a gyakorlatban. Mindenfajta hulladékot szelektíven gyűjtenek, a veszélyes hulladékok tárolására szigorú előírások vannak, amiket kötelesek betartani. Olyan anyagokat használnak, amik könnyen ártalmatlaníthatóak. Ilyen például a fűrészporos olajfelvitás. A gépeknél mindenütt elszívó egységek biztosítják a keletkező, gázok, gőzök, füst elszívását.

A társaság dinamikus fejlődésének köszönhetően eddigi működése során nyereséggel zárta üzleti éveit. 1995-ben még 500m² állt a cég rendelkezésére, mára a gyártásra és a raktározásra szolgáló létesítmények alapterülete meghaladja az 5000m²-t. Jelenleg több mint 100 dolgozó áll a cég alkalmazásában, a fémmegmunkáló, horganyozó és porszóró üzemekben.

Azonban a rivális cégek is megerősödtek, csak Kisújszállás környékén 6-8 lézervágó készüléket telepítettek, melyeket Uniós pályázatok segítségével vásároltak.

Az viszont, hogy rendelkeznek vágó eszközzel, önmagában kevés ahhoz, hogy piacot szerezzenek. Ami az Eposz Kft sikeres működését és folyamatos fejlesztését biztosítja, az az, hogy a konkurens cégekkel szemben lényegesen több megmunkálási lehetőséget tudnak nyújtani. Nem csak lézervágással foglalkoznak, hanem az alapanyag megrendelésétől, a felületkezeléssel bezárólag minden műveletet egy telepen végeznek el. Így a megrendelőnek kevesebbet kell utaztatnia alkatrészét, ami az átvétel után további megmunkálást már nem igényel. A gyártósorra feltéve azonnal beépíthető a konstrukcióba.

A termékpaletta igen széles. Főként beszállítói munkákat végeznek, gyártanak a bútoralkatrészekről kezdve, a mezőgazdasági gépegységeken át, a vasúti járművek alkatrészein keresztül nagyon sok területre.

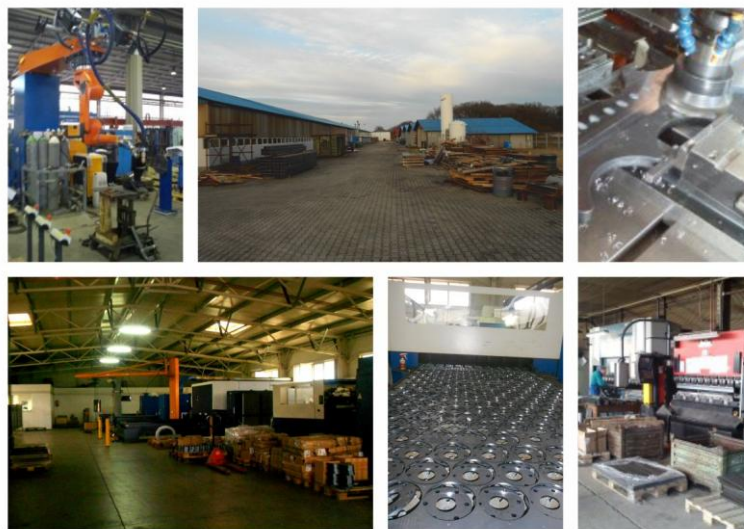
Szolgáltatások:

- CNC lézeres lemezvágás
- CNC stancolás, nibbelezés
- CNC marás
- CNC él hajlítás
- CNC plazmavágás
- Hegesztés
- Forgácsolás, esztergálás
- KTL felületkezelés
- Elektronikus porszórás
- Vegyi barnítás, horganyozás, kék/sárga kromatozás

Referenciák:

Claas Hungária Kft., Contarex Agrotechnikai Rt., Agrohíd Kft., Kunmetallokála Kft., Phillips IPSC Tamási Kft., Münch und Münch GmbH., Denipro AG, Ferag AG
Kiterjedt beszállítói kapcsolatokra és a kiépített speciális műszaki és technológiai gyártósorra alapozva teljes körű szolgáltatást nyújtanak a tervezéstől a komplett kivitelezésig.

A folyamatos fejlesztés édesapám az új technológiákkal és termékekkel szembeni nyitottságának köszönhető. Filozófiája szerint a jobb minőség eléréséhez elengedhetetlen a megfelelő eszközök megléte, és a dolgozók megelégedését célzó intézkedések. Az Eposz Kft.-hez fűződő további perspektívái az üzemterület és a raktározási feltételek rendszerezése, valamint olyan rendszer bevezetése a cégnél, ami lehetővé teszi minden egyes termék útjának nyomon követését. Ezen újítások feltételeit igyekszik megteremteni, de a további tervek kivitelezését már testvéreimre és rám hagyja. [4.]



2.1kép: Eposz Kft.

2.2 Alkalmazott berendezések

A gépparkban jelenleg 4 darab CO₂ gázlézer áll a termelés szolgálatában. Ezek egytől egyik a német TRUMPF GmbH + Co gyárából kerültek ki. A Trumpf szó német nyelvterületen ütőkártyát jelent, de nem csupán ezzel nyerte el felhasználóinak bizalmát. A Trumpf gyár, 1923-as működése óta, folyamatos fejlesztéseket végez a műszaki tudományok megannyi területén, értékesített termékei nemzetközi viszonylatban is bizalmat keltenek és minőséget jelentenek.

Praktikus szempontokat figyelembe véve, az egyazon gyártótól származó géppark karbantartása jóval egyszerűbb. Ugyanazzal a szoftverrel működik minden gép, így nem szükséges szerteágazó programismeret a kezelésükhöz. Az irodában elkészített programot bármelyik gépen lefuttathatják. Ez a kollégák számára is megkönnyíti a munkavégzés folyamatát. [4.]

2.2.1 Lézergépek

A TruLaser 3030, 3050, 4030, 4050 CO₂ gázlézerek manapság is a legnagyobb teljesítményű lézerek közé tartoznak. Fényerősítő közege szén-dioxid és más gázok keveréke. A CO₂ gáz gerjesztését a hozzákevert nitrogén, hélium és vízgőz segíti. A gerjesztéshez elektromos kisülést használnak.

A kisülés hatására jóval több gerjesztett állapotú N₂ keletkezik a CO₂-nél. A nitrogén-molekulák képesek hosszan megmaradni ebben a gerjesztett állapotban. Ezek a molekulák ütköznek a velük egyazon térben lévő szén-dioxid molekulákkal, ezzel energiájukat átadják. A hélium a kisülés során keletkezett felesleges energiát segít lekötni, ami a gázvezető csövekben keletkezik. A vízgőz a keletkezett szén-monoxiddal lép kapcsolatba, ezzel fenntartja a CO₂, így a lézersugár keletkezését.

A rezonátorban lévő lézergázt turbinával forgatják, ebből nyerhető ki a lézersugár, amit zárt gázvezető csöveken, tükrök segítségével vezethető a vágófejig.

A lézervágási folyamathoz egy erősen fókuszált lézersugarat alkalmaznak, amelyhez különböző méretű lencsét használnak attól függően, hogy milyen minőségű és vastagságú az alapanyag, valamint mekkora vágórésre van szükség.

Az elmúlt 30 évben a gázlézerek óriási fejlődésen mentek keresztül. Sok kompenzációt kellett beépíteni ahhoz a gépekbe, hogy megvalósíthassák a teljes megmunkálási felületen történő egyforma vágást.

Az eljárást bonyolulttá tette a közvetítőrendszerek sokasága. Ezek elsősorban rézből készült tükrörendszerek, amelyek hűtése rengeteg energiát felemészt. Minden tükröt állandó 27-28°C fokos hőmérsékleten kell tartani, s leginkább ez okozza azt, hogy ezeknek a gépeknek lényegesen nagyobb az energiaigényük a fiber lézerekhez képest.

[4.] [5.] [6.]

2012-ben a Nemzeti Pályázati Kft. gép és eszközbeszerzésre specializálódott GOP pályázati támogatás segítségével, megérkezett a lézerek legújabb generációjához tartozó **TruDisk 5030 fiber laser**, melyet közvetlenül a németországi TRUMPF GmbH + Co. gyárából vásároltak. Szeptemberben megtörtént a beüzemelése és miután a cég magyarországi képviselőjétől érkező szakember megtartotta az ehhez kapcsolódó oktatást a kollégák számára, elindult a gyártás.

A berendezés alapvetően eltér az eddig használt gázlézerektől, ezeket a különbségeket illetve előnyöket ismertetem a következőkben.

A szilárdtest lézerek csoportjába tartozó fiber-lézerek a legmodernebb lézeres technológiák vívmánya. A nagy teljesítményű berendezések lézeraktiváló vegyületei a ritka földfémeknek is nevezett lantanoida vegyületek, például neodímium vagy itterbium tartalmú kristályok.

Ezek a lézerek kis, összetett diódamodulokra épülnek, melyeket a nagyobb teljesítmény érdekében egy optikai szál köt össze. Gyakorlatilag ez a fiber tölti be a rezonátor szerepét.

Az előállított lézersugarat lézerfény kábellel vezetik a vágófejhez, ahol a sugarat a fókuszáló optika által lehet vágni, illetve gravírozni az anyagot.[4.] [7.] [8.]



2.2 kép: A lézergépek új generációja

A lézergépek új generációjának előnyei:

- A legjobb energiahatékonysággal dolgoznak. Ennek a technológiai innovációnak köszönhetően a fiber lézerek tizedannyi energiát fogyasztanak, mint a gázzal működő társaik. Az optimalizált hűtőegységnek köszönhetően majdnem 40kWh-val kevesebb az energiaigényük. Éves szinten cirka 9000 kWh csökkenést eredményez a villamos energiafogyasztásban.
- Gyorsabbá teszi a munkavégzést. Bekapcsolás után azonnal rendelkezésre áll (nem kell megvárni, amíg a rendszer feltöltődik a gázokkal) Dinamizmusa elsősorban a lézer-előállító egységekkel való közvetlen összeköttetésnek köszönhető. A fiber lézerek lényegesen vékonyabb sugarat képesek előállítani, emiatt a tükröződési szögük is eltér a gázlézerek által előállított sugarától, ez működés közben sokkal nagyobb vágási sebességet tesz lehetővé. A vékonyabb lemezeknél kiugróan magas termelékenységet idéz elő. Például egy 1 mm vastagságú lemezt 3-4-szer gyorsabban vág a CO₂ lézereknél. Az automatikus fűvókaváltó ugyancsak felgyorsítja a termelékenységet.
- A gép megbízhatósága növekedett, mivel nincsenek benne tükrök, amik könnyen elveszthetik pozíciójukat vagy koszolódhatnak. Az előállító egységben lévő diódák könnyen cserélhetőek, így a karbantartási idő is lerövidül. A karbantartási időpontokat karbantartási-asszisztens alkalmazás optimalizálja. Ennek következtében a gépek használati időtartalma nagyságrendekkel megnövekedett. A vágófejeket ütközés gátlóval szerelték fel ami alkalmazkodik minden lemezvastagsághoz alkalmazkodik.
- Helyigénye akár 20 %-kal kisebb, mint a CO₂ lézereké. A kompakt kialakítás magába foglalja a beépített szekrényekben elhelyezett víz- vagy léghűtéses rendszereket, az optikai kábelek pedig jóval kevesebb helyet foglalnak el mint a térigényes gáztartályok és csövek.
- Az egyszerű kialakítás széleskörű anyagmegmunkálást tesz lehetővé. Például a réz és a sárgaréz a Trumpf alapbeállításával is vághatóak. Ezen felül a fóliázott lemezek előzetes gravírozás nélkül is problémamentesen bedolgozhatóak. [9.]

2.2.2 Vágáshoz használt gázok

A CO₂ és a Fíber lézeres technológiák egyaránt erősen fókuszált lézersugarat használnak a vágáshoz. A lézersugár egy nagy energiasűrűségű, monokromatikus sugárnyaláb mely erősen felhevíti és elpárologtatja az útjába helyezett anyagot. A vágási folyamathoz segédgázokat alkalmaznak, hogy ezek segítségével kifűjják a vágórésben lévő olvadt, párologó anyagot. Ennek eredményeképp olyan magas vágási minőséget és sebességet tudnak produkálni, amit más, forgácsolási technológiákkal lehetetlen létrehozni.

A lézeres vágástechnológiáknak, segédgázok szerint csoportosítva alapvetően három típusát különböztetjük meg:

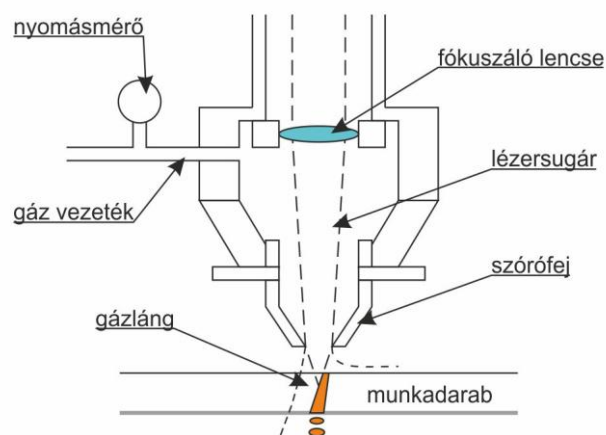
- *Szublimációs vágás* során maga a lézersugár hatására párolog el az anyag közvetlen szublimációval. Egy inaktív (semleges) vágógázzal, például nitrogénnel segítik az anyag távozását a vágórésből. Ezt tipikusan vékonyabb, könnyebben megmunkálható lemezeknél alkalmazzák.
- *Lángvágás*, vagyis oxigénnel való vágás jellemzője hogy az anyagot helyileg az olvadáspontig felhevítik. Az oxigén táplálja az égést, amittől az anyag felizzik és formálódik. A keletkezett salakanyagot az oxigén nyomásával távolítják el. Ezt általában hidegen hengerelt, lágyacéloknál használják.
- *Fúziós vágás* közben az anyag közvetlenül a lézersugártól olvad meg. Az olvadt anyagot a szublimációs vágáshoz hasonlóan itt is inert gázokkal fúvatják ki. Ehhez többnyire héliumot vagy argont használnak. Ezt a folyamatot legfőképp ötvözt acéllemezekben (rozsdamentes acélokon) veszik igénybe.

Minden folyamatban közös, hogy a lézersugár nagyon kicsi keresztmetszete miatt, a vágásszélesség is sokkal keskenyebb, mint a többi termikus forgácsolási technológiánál. A lézersugár egy apró ponton szabadít fel hatalmas energiát, amely mentén az anyag megolvad. A keletkezett hőbevitel viszonylag kicsinek tekinthető, így az anyag nem deformálódik, ezért lehetővé válik a nagyon kicsi geometriai formák kivágása is, sima felületű vágóélek mentén.

Legfontosabb jellemzői:

- 0,5-25 mm lemezvastagságig alkalmazhatóak
- kb.0,2 mm-rel pontosabban fókuszálja a lézersugarat
- nagyon magas a teljesítmény-sűrűsége (néhány MW/cm²)
- érdességet tekintve a magastól a közepes minőségű vágórészeket hoz létre
- tökéletes lángvágott felületeket tudnak létrehozni oxigénnel
- a nagy nyomású inert gázokkal fémesen tiszta felszín érhető el
- alacsony hőbevitel
- az anyag feledződése csak a hő által érintett területeken történik

[10.]



2.3 ábra: Vágófej keresztmetszete

Egy jól beállított lézergéppel bonyolult formák is precízen, nagy sebességgel, határozott élekkel kivághatóak. Kísérletemben a gázok és az arányok (nyomás, sebesség) helyes kiválasztásával én is foglalkoztam, a végeredményen maguk a dolgozók is meglepődtek.

2.3 Alapanyagok

Az **acél** a vas legfontosabb ötvözte, fő összetevője a szén, amiből legfeljebb 2,11 tömegszázalékot tartalmaz.

A szén és más elemek növelik az acél szilárdságát, egyben csökkentik képlékenységet. Különböző fajta ötvözőkkel az acél olyan tulajdonságait lehet megváltoztatni, mint a keménység, rugalmasság, hajlékonyság, szilárdság, hőállóság, savállóság, korróziómentesség. Ha az acél magasabb széntartalommal rendelkezik a vasnál keményebb, ám ridegebb lesz, ha a hőmérsékletet csökkentjük, az anyag szilárdsága is csökken. Az acél olvadáspontja: 1370°C.

Az acéltermékek népszerűsége elsősorban az anyag nagy szilárdságán, kiváló alakíthatóságán, esztétikusságán és rozsdával szembeni ellenálló képességén alapul. Ha hozzávesszük az viszonylag alacsony árat, az acél ideális kiinduló alapanyagnak minősülhet gyakorlatilag majd minden gyártási ágazatban.

Ahhoz, hogy **rozsdamentes acél** kategóriába soroljanak egy lemezt, legalább 10,5% krómot kell tartalmazni, és kevesebb, mint 1,2% szenet (EN10020. számú szabvány). A rozsdamentes acélok népes családjához több mint 200 féle minőség tartozik. A krómon kívül tipikus ötvözetű elemek még a nikkel, a molibdén, a réz, az alapösszetétel további elemek (titán, nióbbium, nitrogén) hozzáadásával módosítható. [11.]

Széntartalom szerint az acél (2%alatti széntartalom) lehet:

- lágyacél C <0,2%
- kis széntartalmú acélok C <0,8% (szilárdságát ötvözéssel, hőkezeléssel hidegalakítással javítják)
- nagy széntartalmú acélok C > 0,8 % (rideg, de nagy szilárdságú)

Az acélalakítási lehetőségei:

- melegalakítás: 900°C-nál magasabb hőmérsékleten végzik. Pl: hengerlés, kovácsolás, sajtolás. A melegen hengerelt acél felülete durva, színe barnás a hűtés közben kialakult oxidréteg miatt.
- hidegalakítás: 0-500 °C-on végzik. Ennek hatására az acél szakítószilárdsága, folyáshatára nő, alakváltozó képessége csökken, ridegebbé válik.
Pl: hengerléssel

[12.]

Megnevezés	Felhasználás, tulajdonság
Hidegen hengerelt (finom lemezek)	
DC01/ST12-03	sajtolás, kis és közepes mélyhúzás
H340LA/ZstE340	sajtolás, különleges profilok
Melegen hengerelt (durva lemezek)	
S235 JR G2/ St37-2	általános rendeltetés
S355MC/QStE380TM	általános rendeltetés
S700MC	magasabb szilárdság
Erősen ötvözött korrózióálló acélok	
CrMo	vázszerkezetek, szerszámacél
CrV4 (korrodál)	szerszámacél
Ko33/1.4301	sok területen, jól megmunkálható
Alumínium	
1000x2000 lemez	alakváltozása 20C°-on is jelentős

1. táblázat: Lemeztulajdonságok

2.4 Árkalkuláció

A készített termékek árát nagyban befolyásolja az alapanyagok minősége és vastagsága. A fémgyártó cégek által forgalmazott tábla lemezek általában három méretben (1000x2000 mm, 1250x2500 mm, 1500x3000 mm) és különféle vastagságban (0,2-25 mm) kaphatóak. Ezekre a szabványméretekre készítik a megmunkáló eszközök nagy részét. Az alapanyagokat súly alapján vásárolják, 1 m² 1mm-es acéllemez tömege 8kg. Különbséget teszünk a szénacélok és a rozsdamentes lemezek megmunkálásában. Eltérő alapanyagoknak megfelelően a lézersugarat eltérő fókusz távba kell állítani, a vágáshoz ideális gázokat kell alkalmazni. A kívánt szélességű és minőségű vágórés eléréséhez különböző nagyságú nyomással és optimális méretű fúvókával juttatnak az anyaghoz. A rozsdamentes acéllemez vágásához a lézervágó berendezést magasabb teljesítményen kell működtetni, de a vágási sebessége is nagyobb a szénacélokhöz viszonyítva. Így a rozsdamentes acélok megmunkálása jóval költségesebb, mint a szénacéloké.

A költségekhez hozzájáruló tényezők a lézer által bejárt út, a bekezdések száma, valamint a beszúrási idők. A lézerút az alkatrész kontúrjainak területéből adódik össze, minél hosszabb ez az út, annál költségesebb az alakzat kivágása. A bekezdések száma egyet jelent a lézersugár leszúrájának számszerűsítésével. Minden zárt görbét egy kontúrnak értelmez a gép, és minden kontúr új bekezdésnek számít. A leszúrási helyén több gáz használatára van szükség, ami szintén hozzátesz a lézervágási árhoz. Minél vastagabb az anyag annál hosszabb a leszúrási ideje és annál lassabb a vágás sebessége. Fix lézervágási óradíjakkal kalkulálunk, ez a tényező ugyancsak hatást gyakorol a díjszabásra.

Az alapanyagok árai a világpiaci árakkal hasonlóan állandó mozgásban vannak. Egy kivágott alkatrészen végrehajtott műveletek és felületkezelések egyéb anyagi vonzattal járnak. Minden beérkező megrendeléshez egyedi árkalkuláció készül, amely figyelembe veszi a megrendelt alkatrész darabszámát, illetve a megrendelések gyakoriságát.

3 EGYÉNI ALKALMAZÁS

Mivel a saját termék nagytételben való gyártása a jelenlegi kapacitás-lekötés mellett nem lehetséges, ezért egyedi megrendeléseket kiszolgáló tárgyak megalkotására törekedtem. Az Óbudai Egyetemen kapott ismeretanyagomat ötvöztem a cégnél szerzett tapasztalataimmal és az ottani adottságokat kihasználva kezdtem a tervezésnek.

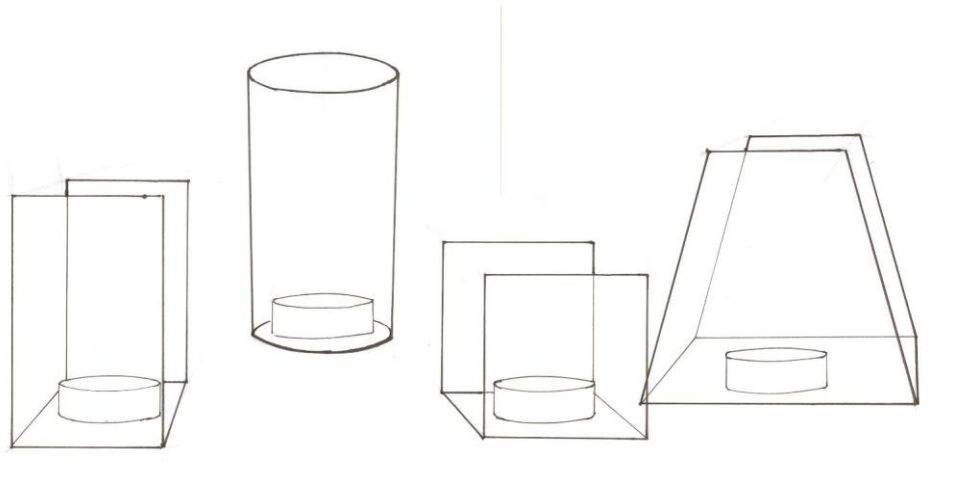
Az első általam készített tárgy egy mécsestartó, melyet egy konkrét eseményre készítettem. A szakdolgozatom témájához kapcsolódóan megismerkedtem Budapest egyik legelismertebb esküvőszervezőjével, Varga Rózsával. Ő hívott meg 2012. szeptember 11-én tartott rendkívüli szakmai találkozóra. A zártkörű rendezvényt a budapesti esküvőszervezők, dekorátorok, zenekarok, médiumok és vendéglátók számára szervezték. A meghívást és a kedves vendéglátást egy személyes ajándékkal szerettem volna megköszönni, de csupán egy hetem volt a tervezésre és a kivitelezésre.

Kisméretű, kézben tartható, vagy asztalra helyezhető tárgyban kezdtem el gondolkodni, ezért előzetes informálódásom is ebbe az irányba indult el. Végül a mécsestartó készítése mellett döntöttem.

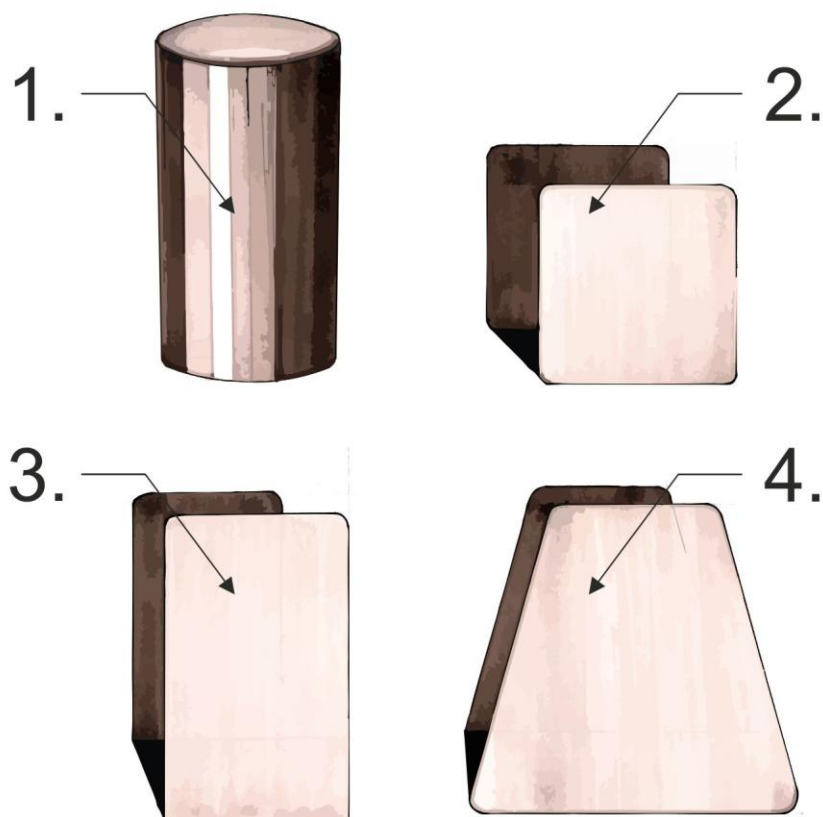


3.1 kép: Információgyűjtés a mécsesekről

A tárgy formavilágának kialakítását az alapvető geometriai formák (kocka, hasáb, henger, gúla) határozták meg.



3.2 ábra: Mécsestartó vázlatok



3.3. ábra: Formaváltozatok

A mécsesstartóba lézerezett minta tervezésénél a vendéglátóhely logója volt a kiindulási pont. Nem szerettem volna egy az egyben ezt az ábrát lemásolni, ezért az egyes elemek szimbolikáját definiálva alkalmaztam azokat. Az emblémán a fa, a madár és a levél motívuma jelenik meg. Ezek a díszítőelemek magyar kultúránknak is szerves részét képezik.



3.4 ábra: Kezdeti motívum vázlatok

A *fa*, vagy életfa már az ókorban is használt szimbólum volt, a földi és az égi szférát összekötő jelkép, mellyel az ember lelki fejlődését is ábrázolták. A magyar néphit szerint az életet és a termékenységet jelképezi, így lakodalmak alkalmával gyakran alkalmazták díszítésként.

Az állatábrázolások leggyakoribb eleme a *madár*, melyet már a korai ókorban is az emberi lélek metaforájaként használták. A magyar népi motívumkincs legelterjedtebb figurái a galamb, a páva, de leginkább a meghatározatlan fajba tartozó oldalnézetes madárábrázolás. Megjelenik magányosan, sormintaként, vagy párosan. Az egymással szemben álló madárpár az ifjú pár szerelmére utaló szimbólumként, a nászajándékok kedvelt mintázata is volt.

A *növényi* ornamentika elengedhetetlen kellékei a különböző levél- és indaábrázolások.
[13.]

Ebből a három motívumból kiindulva rajzoltam meg sajátos elrendezésű terveimet.

Mind a négyféle mécsesformához készítettem mintaterveket, ezekből választottam ki azt, amelyet meg is valósítottam.



3.5 ábra: Motívum tervek: 1. és 2. formájú mécseshez



3.6 ábra: Motívum tervek: 3. és 4. formájú mécsesekhez

3.1 A kísérlet részletes leírása

A tárgy készítése közben rengeteg tapasztalatra szert tettem, nagyon hasznos gyakorlati tudnivalókra mutatott rá a folyamat, melyeket a későbbi tervezés során is fel tudok használni.

A mintaterveket a CorelDraw X5-ös verziójával készítettem. Szerkesztés során ügyelni kellett arra, hogy a minta különálló, zárt kontúrú elemekből tevődjön össze, melyek nem kereszteződhetnek egymással.

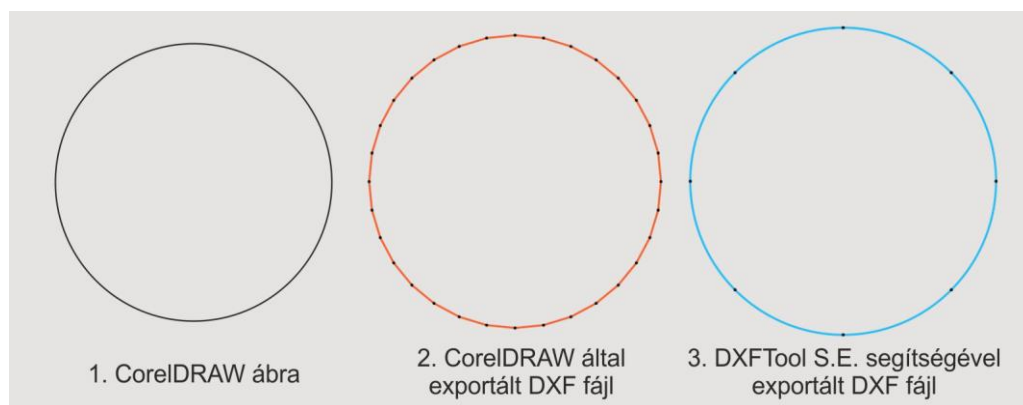
Ekkor éreztem igazán a lézer által szabott határokat, amiket nem lehet figyelmen kívül hagyni. Ügyelni kellett arra is, hogy hegyes szögeket, ha minimális mértékkel is, (2 mm-es rádiusszal) íves lekerekítésekké alakítsam. Megrajzoltam a lézerutat, vagyis a mécsesstartó külső kontúrjait, illetve a belevágott díszítő elemek kontúrvonalait.

A gázlézerek CNC vezérléssel működnek, melyekre CAD/CAM programokkal terveznek a gyártáselőkészítő kollégák. Ehhez az NC-Cad 32 program áll rendelkezésükre. Az első nehézségekbe ekkor ütköztem, mikor kiderült, hogy az általam használt grafikai tervezőprogram vonalhasználata nem kompatibilis a vektorgrafikus szoftver irányított görbéivel. Ehhez keresnem kellett egy megfelelő konvertáló programot, ami a bezier típusú vonalakat átalakítja spline-ná. Megtaláltam a Leonard CNC szoftver ingyenes alkalmazását. A DXFTool Standard Edition olyan segédprogram, amely jó minőségű DXF fájlakká konvertálja a CorelDRAW görbéket, amik ez által alkalmasak lesznek CAD/CAM felhasználásra.

A CorelDRAW programban rajzolt vonalak bezier görbékből tevődnek össze. Ez azt jelenti, hogy például ha rajzolnak egy kört, akkor a látott körvonalat nagyon nagyszámú rövid, egyenes vonalszakasz alkotja. Tehát a CorelDRAW által exportált DXF fájlban kis szakaszokból álló alakzatok vannak, melyek ívet alkotnak.

Ebben az esetben még egy egyszerű kör kivágása is nehézkes lehet, mert minden apró szakasz kezdő és végponttal rendelkezik és a vágófej minden egyes végpontnál egy pillanatra megáll. Ettől mozgása szaggatottá válik, több gázt használ, és nagyobb esély van arra is, hogy az anyag felmelegszik és deformálódik.

DXFTool Standard Edition segítségével a CNC rendszerekkel kompatibilis görbéket lehet a CorelDRAW programból exportálni. Ez a csomópontok csökkentésével és az apró szakaszok egy ívvé alakításával valósul meg. Ez a gép és az alapanyag számára sokkal kíméletesebbé teszi a megmunkálási folyamatot, valamint időt és energiát spórol meg.



3.7 ábra: Görbék

Ezek után is további korrekciókra szorult a grafika. A nagyon sok kis szakaszból álló görbéket egyszerűsíteni kellett, hogy a vágófej szaggatás nélkül végig tudjon haladni az egybefüggő vonalláncokon. Ki kellett szűrni a nyitott és a dupla kontúrokat. A lézerutat a szimuláló program segítségével követhetjük le, de ez csak akkor működik, ha a kontúrban nincs hiba.

Minden zárt vonalat furatnak értelmez a gép és minden furat egy új bekezdést, vagyis leszúrást jelent a lézernek. A bekezdések méretét és sorrendjét manuálisan kell beállítani az előkészítő program segítségével. Célszerű a legkülső kontúrt utoljára hagyni, ugyanis ha ezzel kezdenénk, az alkatrész kiesne a lemezből, elmozdulna, így a belső furatok garantáltan nem kerülnének a tervezett helyükre.

Miután ez megtörtént az adott alapanyaghoz hozzárendeltük a szegmenseket. Megadtam a tábla méretét, vastagságát, alapanyagát.

Mindig arra törekszünk, hogy a gyártás során keletkezett anyagvesztéseket minimalizálni tudjuk. Ezért olyan előkészítő programokat használunk, amelyeknél automatikusan történik a táblakiosztás, és ha kell, ezt manuálisan korrigáljuk. Az előre beprogramozott darabszámú alkatrészeket a megfelelő méretű táblaméretre helyezik el. Olyan elhelyezésben osztják ki az alkatrészeket, hogy a lehető legkevesebb legyen a veszteség. Ettől függetlenül sok olyan szegmens van, aminek nagy belső, kieső hulladékaik vannak. Amennyiben adódik rá lehetőség ezeket kihasználjuk és kisebb alkatrészeket vágunk bele ezekbe a részekbe is.

Jellemzően az alapanyagok 30 %-a hulladékként végzi. A hulladék vasat továbbra is szakszerűen, szelektálva tároljuk, hogy a legmagasabb eladási áron értékesíteni tudjuk. A felvásárlók ezeket beolvasztják, és új alapanyagokat készítenek belőlük. Ezt mindig befolyásolja a vas világpiaci ára, de általánosan elmondható hogy az alapanyag árak 35 %-ánál sosem magasabb.

A kis darabszám miatt, az optimális anyagfelhasználás érdekében, kézi vezérléssel helyeztem el a kiválasztott táblára a kivágandó alkatrészek kontúrjait.

Ezt a táblatervet rámásoltam egy floppy lemezre. A kinyomtatott műszaki rajzzal és gyártási utasítással együtt, ez került ki a gyártás területére, a gépekhez.

Az előállítás során a szakképzett kollégák segítségemre voltak a CNC programozásban.

Az első próbálkozáshoz St37-2-es lágy szénacélt használtam, amit 1200W teljesítményen lehet kivágni. A vágáshoz oxigén gáz szükséges. A próbadarabot 4,5 bar nyomás mellett vágtam 8200 mm/min sebességgel. Az 5"-os fejre 0,8 mm átmérőjű fűvókát tettem, a lézersugarat -1-es fókuszáltságra állítottam.

Az eredmény nem járt sikerrel. A vágógáz nem párologtatta el megfelelően az anyagot, így a vágófelület csúnya, sorjás lett. A minta kis felületet tölt ki, ehhez sűrűnek bizonyult a furatok száma, olyannyira, hogy a belső motívumok kontúrjai egymást érintve beizzottak, ennek következtében egy tagban kihullottak.



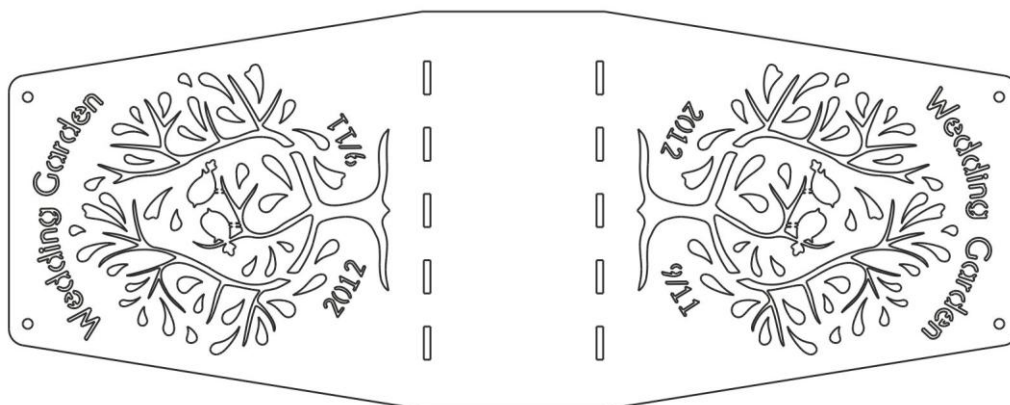
3.8 ábra: Helytelenül kivágott ábra rajzolata

Át kellett gondolnom az egész konstrukciót és egy új rajzolatot szerkesztettem. Még kevesebb szakasszal és furattal, lazább szerkezetű mintát készítettem. Ezt ismét be kellett dolgozni, de most egy rozsdamentes, 1mm vastagságú KO33-as fóliázott tükörcacélhoz készítettünk programot. A fólia arra szolgál, hogy a felpolírozott acéllemez szállítás, tárolás, felhasználás során ne sérüljön. Ez vágás közben ráolvad a lemezre, később oldószerrel könnyedén eltávolítható.



3.9 ábra: Egyszerűsítés

A rozsdamentes acéllemezek vágásához az 5000W-os lézergép egész teljesítményét ki kell használni. Az első darabot a fólia lehúzása nélkül, nitrogén gázzal 12bar nyomással 11500 mm/min sebességgel vágtuk. 1,4 mm átmérőjű fúvókát helyeztünk az 5"-os vágófejre, a lézersugarat -2-es fókuszálásba állítottuk. A rajzolt motívum tökéletesen kirajzolódott, bár a vágófelület nem lett hibátlan a sorja miatt, de ezek után kisebb korrekciókkal megtaláltuk azt a beállítást, amivel a legjobb minőségben ki tudtuk vágni a kis tárgyak terítékét és oldalait.



3.10 ábra: A mécses terítékrajza

A perforáció mentén élhajlító géppel 81° szögben felhajlították a mécsestartó szemközti oldalait. Annak érdekében, hogy minél kevesebb fény szökjön ki a szembenálló lemezek közül, megfelelő szögben vágott, trapéz alakú lemezzel takartattam be az oldalát.

Ehhez rozsdamentes acéllemez forrasztására alkalmas, AWI ponthegeztő berendezést használt a szakképzett munkatárs. Az anyagvastagságra tekintettel csupán 1 A áramerősséggel erősítette össze az alkatrészeket. Az egyenetlenségeket sarokcsiszoló segítségével tüntették el.

Az elkészült dekortárgyak egy részét fényesre políroztam, másik részét pedig állványos szalagcsiszológéppel szátra húztam. A durva felületet különböző szemcsenagyságú csiszolópapírokkal finomítottam.

Letakarítottam a szennyeződésektől, ezután készen állt az átadásra.

Az előzőekben ismertetett árkalkulációs tényezőket figyelembe véve, a mécsestartó nettó bekerülési ára 4950 Ft. A részletes árajánlatot 4. sz. melléklet tartalmazza.



3.11 kép: Az elkészült mécsestartó

4 KONKLÚZIÓ, TOVÁBBI CÉLOK

Kutatási célom az volt, hogy ismertessem a technológia hátterét, ezen felül olyan tapasztalatokra tegyek szert a tervezés, gyártás, gyárthatóság terén, amelyeket leírva későbbi tevékenységem során és mások számára is hasznos szakmai anyagot datálnak.

A kísérleti munkák kivitelezése kapcsán több probléma is felmerült, amelyek megoldása további szakismerettel gazdagított. A készített tárgyakat egy eseményhez kapcsolódóan gyártottam, ezek egy részét elajándékoztam. Többek érdeklődését felkeltette a tárgyalakítás ezen, újfajta megközelítése. A mécsestartót látva további termékek után érdeklődött dekoratőr, esküvőszervező és divattervező is. Ezt konstatálva úgy látom, hogy lenne igény az olyan egyedi tárgyak készítésére, melyeknek mintázata illeszkedne egy adott arculathoz, környezetbe vagy eseményhez.

A dolgozat kapcsán megismert információkat és megszerzett tapasztalatokat a szakdolgozatomban is felhasználom. Ennek keretében egyedi tárgykollekciót szeretnék készíteni.

Miután az Óbudai Egyetemen lezárom tanulmányaimat, a továbbiakban is a kisújszállási Eposz Kft.-nél folytatom tevékenységemet. Családi vállalkozássá alakulva szeretnék biztosítani a cég sikeres működésének szinten tartását, amihez a további fejlődési irányok kutatása elengedhetetlen.

A saját termékek gyártása újabb előrelépés lenne a vállalat életében, legyen szó szerszámcsalád vagy egyedi tárgyak létrehozásáról, a most használt gyártósor mindezeknek megfelel. Az új termékek megalkotása új gépek beszerzését és további munkahelyek létesítését generálja, ezért tartom fontosnak az új lehetőségek keresését a további lépés eléréséhez.

ÖSSZEGZÉS, KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A TDK dolgozatom nagyvonalakban megismertette a lézervágás fejlesztésének fontosabb állomásait és alkalmazási lehetőségeit. Betekintést engedett az Eposz Kft. működésébe személyes kötődésem tükrén keresztül. Bemutatta napjaink legmodernebb termikus vágástechnológiáját, a berendezéseket, a tervezéshez és a gyártáshoz szükséges eszközöket. A gyártási folyamatot kísérletem részletes leírásával prezentálta. Záró részében betekintést engedett a kutatási eredmények és tapasztalatok leírásába és továbbélési lehetőségeibe.

Köszönöm Kisfaludy Márta tanárnőnek, hogy folyamatosan nyomon követte tevékenységemet és építő kritikáit megosztotta velem, valamint Édesapának a szíves tájékoztatást és rendelkezésemre állását, továbbá az Eposz Kft. dolgozóinak a kivitelezésben nyújtott segítséget.

IRODALOMJEGYZÉK

Könyvek

- Dr. Ing. Klaus Tradowsky: A Laser ABC-je, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1971 [1.]
- Dr. Csillag László – Dr. Kroó Norbert: A lézerek titkai, Kozmosz Könyvek, Budapest, 1987 [2.]
- Ortutay Gyula (főszerk.): Magyar Néprajzi Lexikon, Akadémiai kiadó, Budapest, 1977 [13.]

Cikkek

- Quantum Lasertech Kft.: A lézer, mint csodafegyver, MetalForum, XI. évfolyam, 213. szám, 2012.április 16. [7.]
- Charles J. Koester and Elias Snitzer: Amplification in a Fiber Laser, APPLIED OPTICS, III. évfolyam, 10.szám, 1964. október [8.]

Internetes tartalmak

- www.photonics.com, Melinda Rose: A History Of The Laser: A Trip Through The Light Fantastic, 2012.szeptember [5.]
- www.inventors.about.com, Mary Bellis: History of Lasers, 2012.szeptember [6.]
- www.laserfest.org [3.]
- www.trumpf-machines.com [9.]
- www.messer-cs.com és www.messer.hu [10.]
- www.keytometals.com [11.]
- www.ferroglobus.hu [12.]

Szóbeli közlés

- Kovács János Eposz Kft. ügyvezető szóbeli tájékoztatása alapján [4.]

Képek, ábrák

1.1 kép: *Lézerek alkalmazása:*

Képek forrásai (balról-jobbra, felülről lefelé):
siteadvisor.com, coated.com, lasercutfabric.com, game-modo.com,
beanmelon.com, elektrooptics.com, cutlasercut.com, lasermet.com,

2.2 kép: *A lézergépek új generációja:*

trumpf-machines.com

2.3 ábra: *Vágófej keresztmetszete:*

mrl.columbia.edu

3.1 kép: Információgyűjtés:

Képek forrásai (balról-jobbra, felülről lefelé):

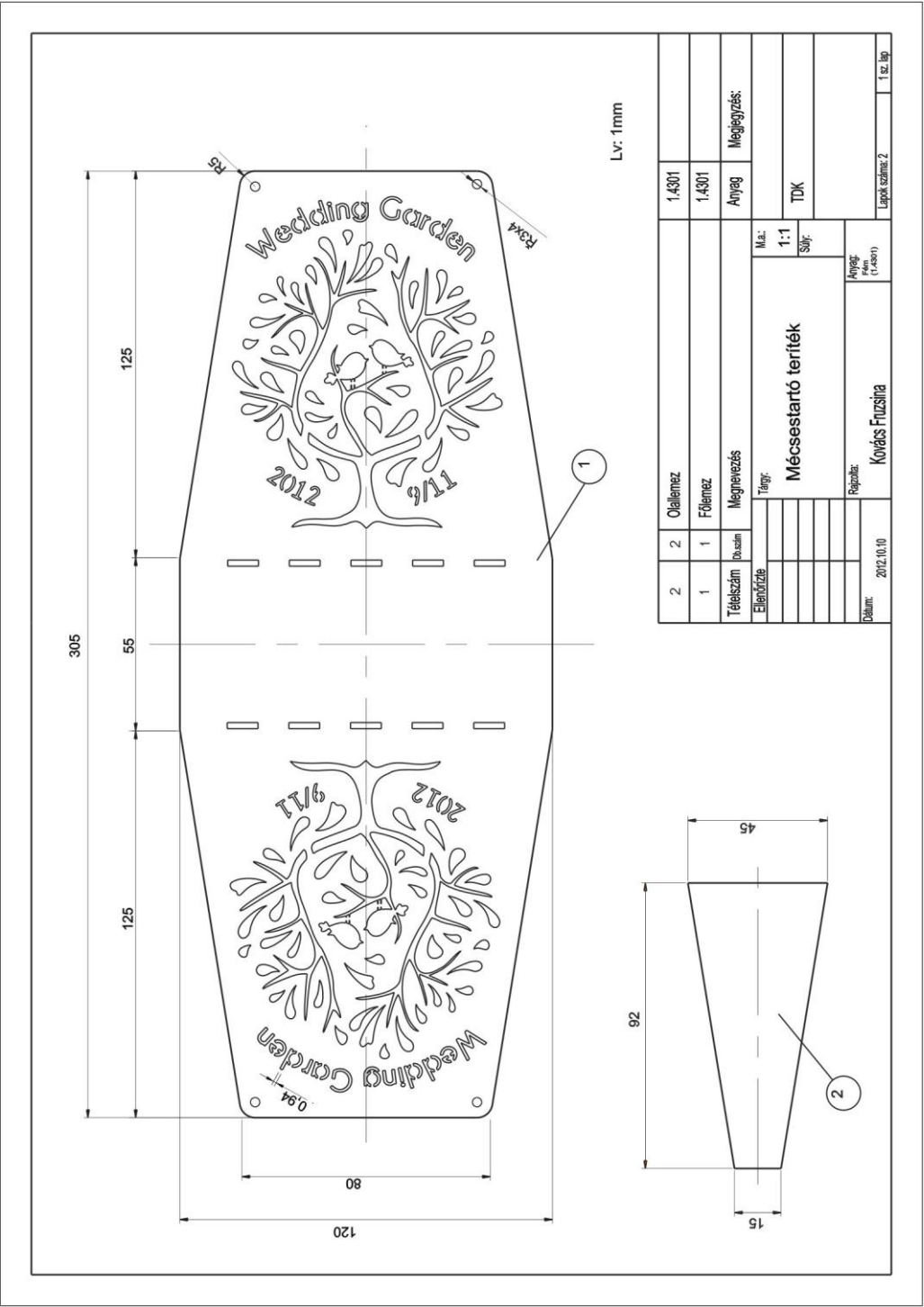
3d-memoirs.com, weddinggarden.hu, dusk.com, coroflot.com, instrctables.com, ponoko.com, indulgy.com

A dolgozatban szereplő további képek és ábrák saját készítésűek.

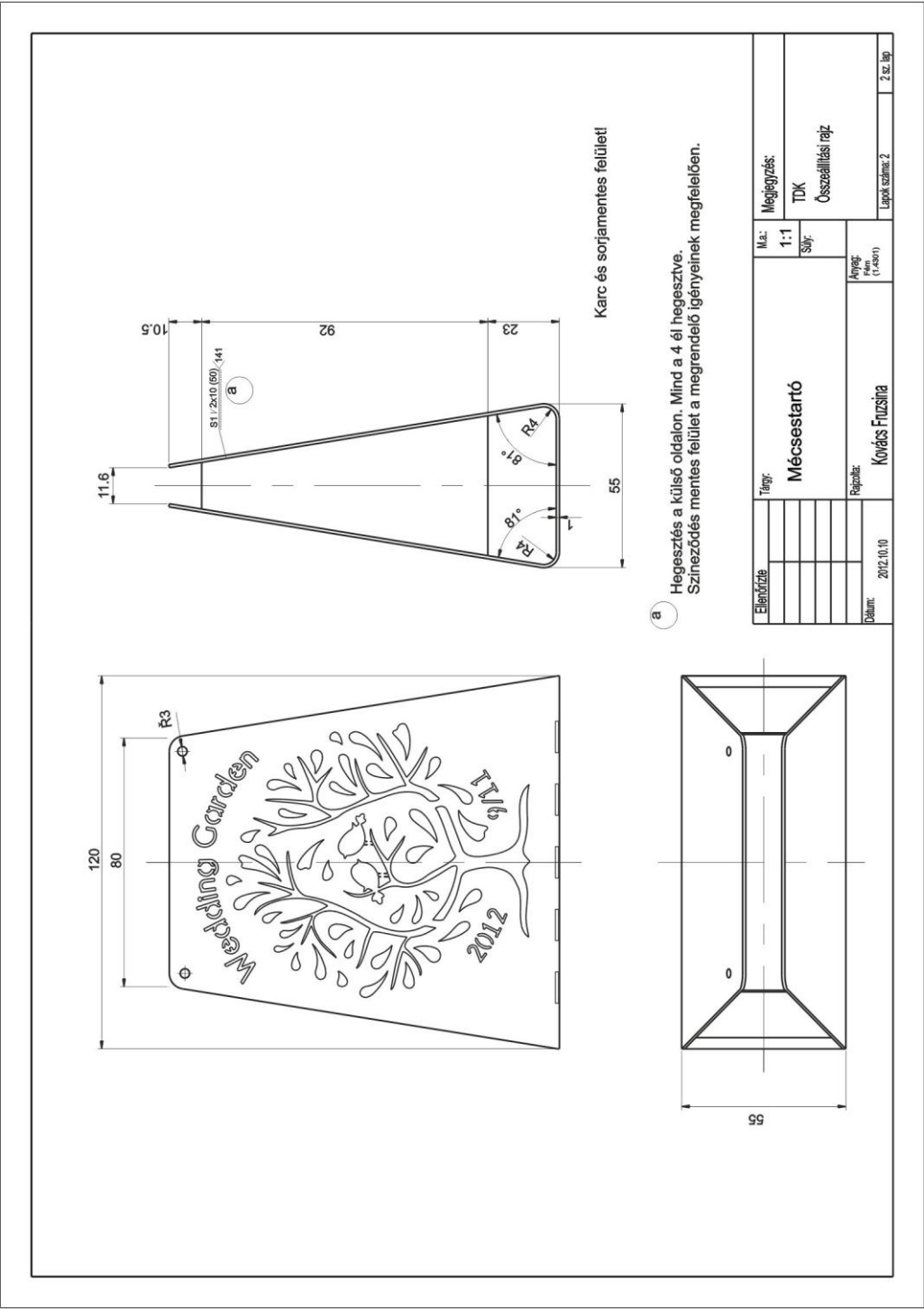
Mellékletek:

1. sz. melléklet: Mécsestartó terítékrajzának másolata*
2. sz. melléklet: Mécsestartó összeállítási rajza *
3. sz. melléklet: Terítékrajz táblakiosztásának tervezete *
4. sz. melléklet: Árajánlati lap

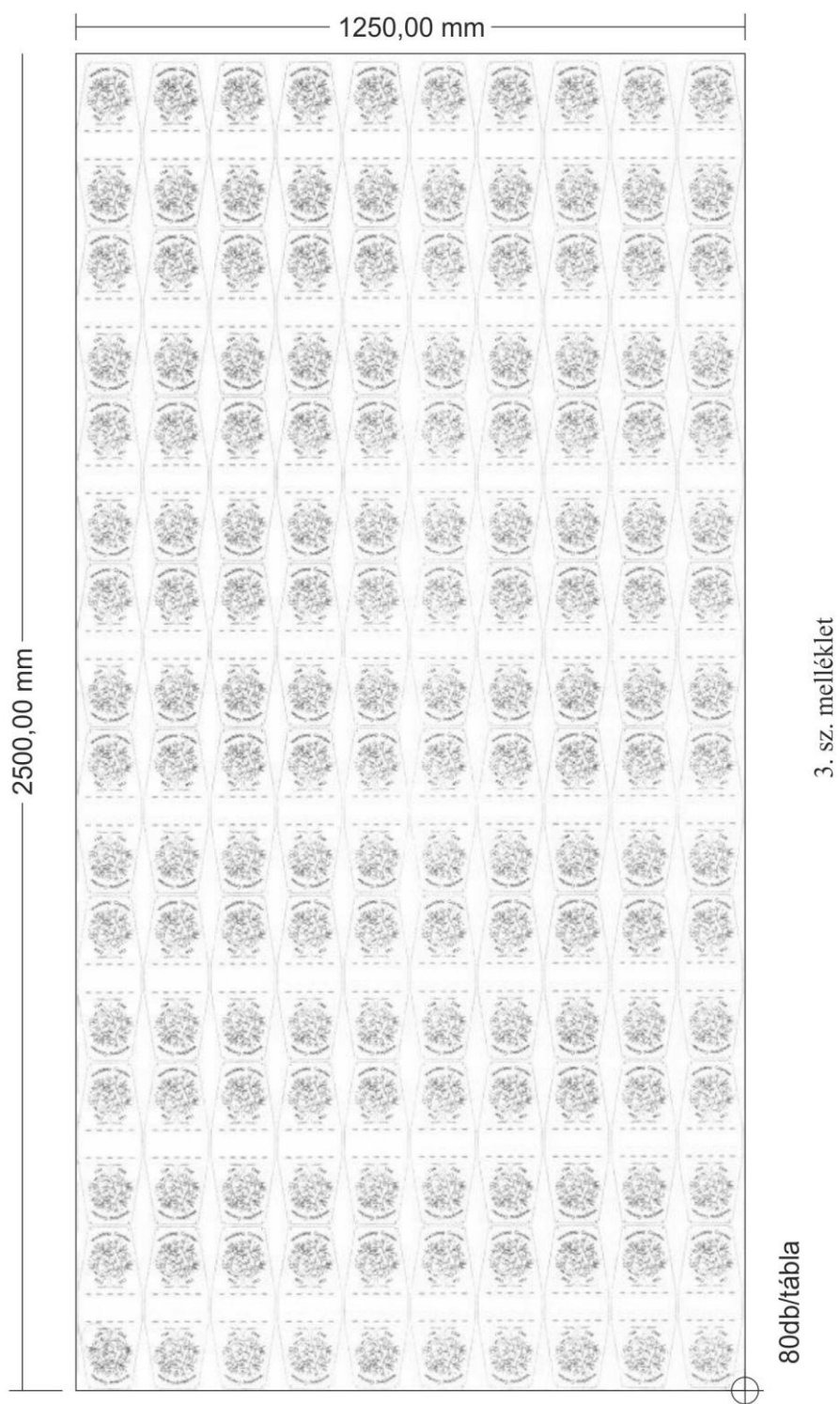
* A méretarányok a kötetés miatt torzultak!



1. sz. melléklet



2. sz. melléklet



Feladó:

Eposz Ipari, Kereskedelmi és Szolgáltató Kft.

☒ 5310 Kisújszállás, Széchenyi út 17.

☎ +36 30 399 1067

E-mail: eposz@hu.inter.net

Árajánlat

Címzett: Kovács Fruzsina**Ajánlat száma:** VA20121105KF001**Dátum:** 2012.12.11.**Ajánlatkérés azonosító:****Lapok száma:**1**Ajánlat érvényes. dátuma:** 2012.11.30**Tisztelt Kovács Fruzsina!**

Kérésünkre megküldött információk alapján a következő kötelezettség nélküli árajánlatot tudjuk adni gyártásra vonatkozóan:

Cikkszám: Mécsestartó

Ár (Ft/db)	Lézer (Ft/db)	Anyag (Ft/db)	Megmunkálás (Ft/db)
4950,-	3736,-	564,-	650,-

Megjegyzés:**Áraink az ÁFA-t nem tartalmazzák.**

Az árajánlat a komplett mécses tartót tartalmazza összeállítva.

Alapanyag árváltozásának jogát fenntartjuk!

Az előkészítési díj, ha biztosítanak dxf formátumot 560 Ft/rajz, ha nem tudnak küldeni dxf-t akkor 1120 Ft/rajz.

Amennyiben ajánlatunkat megfelelőnek tartják, várjuk mielőbbi visszajelzésüket.

Tisztelettel:

Kovács János

Eposz Kft.

Kisújszállás, 2012.12.11.