



MISKOLCI EGYETEM
GÉPÉSZMÉRNÖKI ÉS INFORMATIKAI KAR
MECHANIKAI TECHNOLOGIAI TANSZÉK



Műszaki Menedzser Szak

Technológiai Blokk

TDK-dolgozat

Lemezalkatrészek számítógépes technológiai tervezése

Computer aided technological planning of sheet metal parts

Készítette: Tóth Dénes
Bsc

Konzulens: Dr. Tisza Miklós
Ipari konzulens: Bényei László

2012

Kézirat lezárása: 2012. 11.05

Lemezalkatrészek számítógépes technológiai tervezése

A számítógépes tervezés a mérnöki életben az 1960-as évek óta van jelen, a tervezőszoftverek használata a hatékonyságot hivatott növelni. A programok mára számos új funkcióval gazdagodtak, melyeknek köszönhetően az iparban egyre szélesebb körben tudják alkalmazni. Egyik ilyen terület a lemezalakítás, amit több CAD szoftver magába foglalt.

A gyártástechnológiában a több évtizedes múlttal rendelkező képlékenyalakítás a mai napig meghatározó eljárás. Ez alatt a hosszú idő alatt a technológiai eljárások kiforrtak, az eljárások végkimenetelét befolyásoló paraméterek ismertté váltak, azok tervezhetőek lettek, az informatika által leírhatóvá vált.

Dolgozatomban a tervezési folyamatot kívánom bemutatni egy kiválasztott alkatrészen keresztül, összehasonlítva több a piacon is forgalomban lévő tervezőszoftvert, bemutatni azok erősségeit és gyengeségeit, megvizsgálni azokat lemezalakítás tervezése céljából.

Computer aided technological planning of sheet metal parts

The computer aided planning has been used since the '60-s in engineering and this usage is mainly for increasing the productivity. These programs have many new modules, and because of these functions it can be used by a wider base of users. One of these modules is the sheet metal module, which is already integrated in many CAD software.

The metal forming process that has a long history is still dominant in production technology. During this long time the technical processes' parameters became well known and became suitable for planning forming processes, and now it can be described by the means of information technology.

In my study I'd like to show the process of planning by a chosen part, comparing three CAD software, showing their strength and weaknesses, examining them for planning sheet metal parts.

TÁRGYMUTATÓ

ÁBRAJEGYZÉK.....	15
BEVEZETŐ	1
1. A KÉPLÉKENYALAKÍTÁS	2
1.1. Lemezek alakítása.....	3
1.2. A kivágó lemezalakító technológiák.....	4
1.2.1. Ollón végzett vágások technológiája	4
1.2.2. Vágás táblaollóval	4
1.2.3. Hasítás	5
1.2.4. Vágás köröllóval	5
1.2.5. Vágás rezgő-vágó ollóval.....	6
1.3. Termikus vágások	6
1.3.2. A lézervágás elve	6
1.3.3. Plazmavágás	9
1.3.4. Termikus vágóberendezések	10
1.4. A kivágás és lyukasztás.....	11
1.4.1. A kivágás hagyományos művelettervezése	12
1.4.1.2. A kivágás technológiai adatai.....	14
1.4.2. A kivágás szerszámai	15
1.5. Hajlítás	15
1.5.1. Feszültségi és alakváltozási állapot a hajlított anyagban	16
1.5.2. A semleges szál	17
1.5.3. Minimális hajlítási sugár	17

1.5.4. A hajlító szerszámok.....	17
2. LEMEZALAKÍTÁS TERVEZÉSE.....	20
2.1. A hagyományos technológiai tervezés.....	21
2.2. Számítógépes tervezés: A különböző tervezőrendszerek	
összehasonlítása	26
2.2.1. A SolidWorks 2012 programmal végzett tervezés ismertetése	26
2.2.2. Az Unigraphics NX 8.0	31
2.2.3. A Solid Edge ST4	34
3. ÖSSZEFOGLALÁS	38

ÁBRAJEGYZÉK

1. ábra. Motoros lemezolló (http://www.okgep.hu/kepek/xomrajz.jpg)	5
2. ábra A lézersugaras vágás folyamata (Pintér, 2011)	7
3. ábra A lézersugár előállítása (Pintér, 2011)	8
4. ábra Axiális gázátáramlásos CO ₂ lézer hűtéssel (Pintér, 2011).....	8
5. ábra A sávkihasználtság (Gál-Kiss-Sárvári-Tisza, 2008).....	12
6. ábra Köralak kivágásának elrendezési terv-variációi: a) egysoros, b) kétsoros), c) háromsoros elrendezés (Miklós, 2008)	13
7. ábra Hajlítások típusai (Gál-Kiss-Sárvári-Tisza, 2008)	16
8. ábra A Taurus Aqua levegődoboz	20
9. ábraA beépített légdoboz	20
10. ábra A légdoboz hajlítási szögei	22
11. ábra A légdoboz műhelyrajza	23
12. ábra A teríték rajza.....	24
13. ábra Lemezterv.....	24
14. ábra A légdoboz élhajlítási sorrendje lépésenként.....	25
15. ábra Az alkatrészt alkotó test keresztmetszete.....	27
16. ábra SolidWorksben való növesztés	28
17. ábra A vágandó élek a lemezalkatrész elkészítésekor	29
18. ábra Az oldalirányú hajlítás tervezése	30
19. ábra A teríték SolidWorksben.....	31
20. ábra A félkész alkatrész az NX-ben.....	33
21. ábra A teríték NX-ben.....	34
22. ábra SolidEdge: A lemezalkatrésszé való átalakítás közben	35
23. ábra A lemezalkatrésszé való átalakítás beállításai	36

24. ábra Solid Edge: a kész termék.....	37
---	----

BEVEZETŐ

A nyári szakmai gyakorlatomat a Kistokaji székhelyű Fireplace Kft-nél töltöttem, ahol megismertem a cég fő termékét jelentő kandallókályhák gyártását, a tervezés és gyártás teljes folyamatát, és különösen a gyártás során alkalmazott képlékenyalakítási technológiákat.

Dolgozatom témája e korszerű tervezési és gyártási folyamat bemutatása, elemzése. A szakmai gyakorlat tapasztalatai, valamint a témakör irodalmának tanulmányozása alapján is megállapítható, hogy a háromdimenziós tervezési eljárás jelentős mértékben előtérbe került és a vállaltok tervezési gyakorlatában is kezdi kiszorítani a hagyományos, két dimenzióban történő tervezést. A cél a hatékonyság növelése, amelyet az eddigi tapasztalatok alátámasztanak, a tervezés szemléletesebbé, gyorsabbá vált.

Felmerül a kérdés, hogy a piacon szereplő alkalmazások segítségével a lemezalakítás-tervezés szempontjából vizsgálva a szoftverek által nyújtott funkciók, egyformán tudják-e segíteni a felhasználót, miként építhetők be a már meglévő tervezési munkafolyamatokba, képesek-e jól kommunikálni az évek során kialakított, rendelkezésre álló adatbázissal, az üzemben lévő gépparkkal.

Dolgozatom elején röviden kitérek a képlékenyalakítás elméleti hátterére, így könnyebben követhetők a tervezőrendszerek által nyújtott funkciók, illetve azok beállításai, majd egy próbadarab tervezésének lépéseit mutatom be hagyományos, és különböző számítógépes tervezőrendszerek segítségével.

1. A KÉPLÉKENYALAKÍTÁS

A gyártástechnológiában az évezredek óta visszatekintő képlékenyalakítás napjainkban is meghatározó eljárás. A képlékenyalakítás forgácsnélküli eljárás, tehát a megmunkálás során nem keletkezik hulladék, ami nem csak jelentős költségcsökkentő tényező, hanem a napjainkra jellemző környezettudatos szemlélethez is kiválóan illeszkedik. A gyártás során arra törekszünk, hogy a főbb alakot, méretet, minél pontosabban, képlékenyen alakítva valósítsuk meg: ez egyes esetekben a teljes készre munkálást jelenti (ezt nevezik alakpontos megmunkálásnak – idegen szóval net shape manufacturing). Egyes esetekben csak bizonyos közelítő pontossággal tudjuk az alakot, méretet képlékenyalakítással megvalósítani: ezeket alakmegközelítő eljárásoknak – idegen szóval near net shape manufacturing megnevezéssel illetjük. Ezekben az esetekben a pontos méretet további, más eljárással, például forgácsolással valósítjuk meg. Képlékenyalakításkor a forgácsolással szemben nem csak méretet és alakot adunk meg, hanem kedvezően befolyásoljuk a munkadarab anyagjellemzőit is. (Dr. Gillemot László, 1971)

A képlékenyalakítás során a munkadarab alakját és méreteit úgy hozzák létre, hogy az eredeti anyagtérfogat nem változik. A szilárd anyagok erőhatásra bekövetkező maradó alakváltozását képlékeny alakításnak nevezzük. Ezen alakításokat végezhetjük hideg és meleg alakítással. A leggyakoribb képlékenyalakítási műveletek: kivágás, lyukasztás, hajlítás, mélyhúzás, hengerlés, kovácsolás és a sajtolás.

A fémek és a fémes ötvözetek képlékenyalakíthatósága annak köszönhető, hogy ha az anyagot a rugalmassági határát meghaladó feszültséggel terhelik, a kristálytani síkok egymáson elcsúsznak, és maradó alakváltozás következik be. A kristálytani síkok elmozdulása nem merev testként való elmozdulásaként megy végbe, hanem a diszlokációk mozgásával terjed végig a csúszási síkon. Az alakítás következtében a diszlokációk sokszorozódnak, egymással reakcióba lépnek, egyre inkább gátolják egymást a további mozgásban, nehezítve a további alakíthatóságot. Ez azt eredményezi, hogy növekvő alakváltozást egyre növekvő (valódi)

feszültséggel tudunk megvalósítani: ez a jelenség az alakítási (alakváltozási) keményedés.

Az alakítási keményedés részben kedvező, részben kedvezőtlen. Kedvező, mert így növekednek az anyag szilárdsági jellemzői, amely számos esetben az alakítás fontos célja is. Ugyanakkor a tovább alakíthatóság szempontjából kedvezőtlenül befolyásolja a munkadarab viselkedését, a további alakíthatóságot, esetenként ezt olyan mértékben csökkentve, hogy a további alakítás érdekében indokolt lehet újrakristályosító izzítás beiktatása a szemcseszerkezetben végbement változások megszüntetéséhez.

A melegalakítást mindig az újrakristályosodási hőmérséklet felett végezzük, ilyenkor a megmunkálás folyamatában lezajlik egy ún. dinamikus újrakristályosodás, így a lehűlést követően az eredetivel megegyező tulajdonságokkal rendelkezik a megmunkált fém, azaz a megmunkálást követő keményedés gyakorlatilag nem észlelhető.

A fémek alakíthatósága számos tényezőtől függ: az alakíthatóság olyan összetett fogalom, amelynek előzetes megítélésére önmagában a szokásos mechanikai jellemzők nem alkalmasak. Általában a jó hidegalakíthatóság alatt olyan anyagi tulajdonságokat értünk, amelyek kis alakító nyomással, a szerszám minimális kopása mellett nagymértékű alakváltozást tesznek lehetővé, anélkül, hogy a törés, repedés veszélye fennállna. Egy adott művelet tervezéséhez az ismert anyagjellemzők nem elégségesek, szükség van a külső állapot tényezők ismeretére is, ezek együttes figyelembe vétele ad adatokat az alakíthatóság, a megvalósítható alakváltozás meghatározásához. (Gál-Kiss-Sárvári-Tisza, 2008)

1.1. Lemezek alakítása

Lemezeknek azokat az előgyártmányokat tekintjük, amelyek egyik mérete a másik kettőhöz mérten lényegesen kisebb. Lemezalakításnak a lemez alapanyagok képlékeny alakítással való olyan feldolgozását értjük, amely során a lemezvastagságot szándékoltnak nem változtatjuk (természetesen a legtöbb lemezalakító eljárásnál, az alakváltozás során bizonyos mértékű lemezvastagság

változás bekövetkezik). Az eljárás nagy népszerűségét annak köszönheti, hogy az így elkészített alkatrészek jó mechanikai tulajdonságokkal bírnak, alak- és mérethűek, az eljárások nagyon termelékenyek és ezért gazdaságos a lemezalkatrészek gyártása. Hátránya, hogy a magas szerszámköltség csak nagy gyártási volumennél termelhető ki (Dr. Gillemot László, 1971)

Lemezalakításkor a megmunkálandó lemezek alapján két fő területet különböztethetünk meg: közép- és durva lemezeket, melyekről jellemzően nagy szerkezetek gyártásakor, például hajógyártáskor beszélhetünk, illetve finomlemezeket, amihez számos példát sorolhatunk a gépipar területéről, így például a járműiparban a karosszériaelem-gyártást, de számos más alakítási eljárást hozhatunk fel példaként. (Dr. Gillemot László, 1971)

1.2.A kivágó lemezalakító technológiák

1.2.1. Ollón végzett vágások technológiája

Ollónak nevezzük a különböző méretű és alakú lemezek vágására alkalmas gépeket. Több szempont szerint csoportosíthatjuk az ollókat:

- A kések vágótípusai szerint lehetnek egyenes vonalú, ívelt, vagy körvonalúak
- A kések mozgása szerint: alternáló, vagy forgó mozgást végzők
- A vágási vonal szerint: véges, vagy végtelen vágási hosszt vágó
- Vágás szerint lehetnek egyenes, illetve görbén vágó ollók. (Gál-Kiss-Sárvári-Tisza, 2008)

1.2.2. Vágás táblaollóval

Ezt az eljárást lemezek leszabására használják. Az előbbi csoportosítás alapján a táblaollóval véges hosszúságú, egyenes vonal mentén vágunk. Az egyenes vagy ívelt kések alternáló mozgást végeznek az anyagszétválasztás során.

A β ékszögét párhuzamos vágóélű ollóknál $85-88^\circ$ -ban, míg a ferde éleknél kisebb, $80-85^\circ$ -ban határozzuk meg; az α_h hátszög értéke pedig $1,4-3^\circ$ intervallum között változik. A ferde vágókés esetében a α_h hátszögnek kisebb-egyenlőnek kell

lennie a súrlódási félkúpszögénél, hogy a vágandó lemez ne tudjon kicsúszni a kések közül. Az α nagyobb értéke pozitívan hat az élettartamra és a vágóerőt is csökkenti, viszont jobban torzítja a vágott munkadarabot.

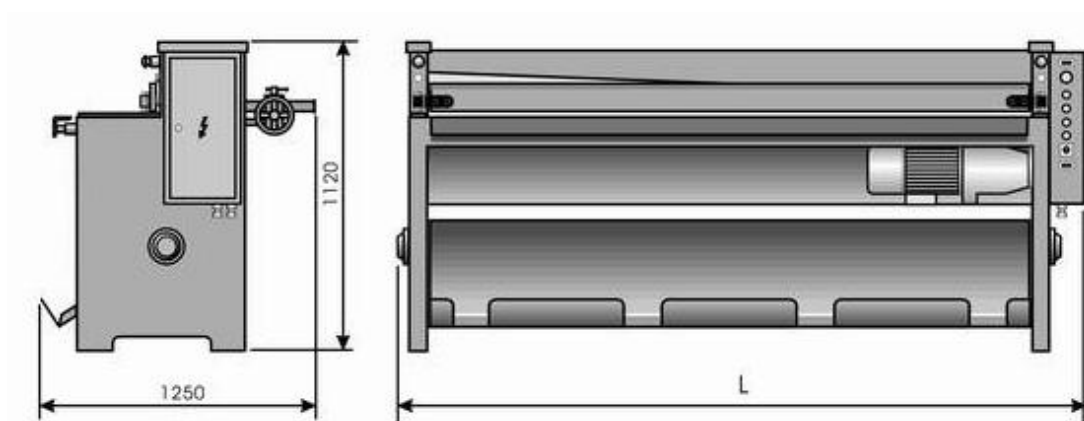
1.2.3. Hasítás

Hasításkor $\beta=90^\circ$ ékszögű, forgó körkések végzik a lemezek egyenes vonalú, hosszirányú vágását, amely kések az előtolást is végzik. Rendszerint egyszerre több kést is alkalmaznak a kívánt csíkok számától függően.

A vágó élek $a=(0.2-0.4)s$ mértékben túlfedik egymást a sorja keletkezésének elkerülése végett. A vágandó lemez vastagsága függvényében választják meg a kések szélességét a $B=50s$ összefüggés szerint. (Balogh Gábor, 2006)

1.2.4. Vágás körollóval

A körollóval való vágás során nyitott, vagy zárt görbe mentén történik a vágás, körülvágás. A kések, mint a hasítás során itt is forgó mozgást végeznek, biztosítva a lemezek előtolását, csak itt a kések tengelyei szöget zárnak be a lemez síkjával. A kedvezőbb gépkialakítás érdekében az a szerencsés, ha az egyik tengely párhuzamos a lemez síkjával. A vágókések kúpfelülettel rendelkeznek. (Balogh Gábor, 2006)



1. ábra. Motoros lemezolló (<http://www.okgep.hu/kepek/xomrajz.jpg>)

1.2.5. Vágás rezgő-vágó ollóval

A rezgő-vágó olló egy nagy löketszámmal, kis lökethosszal dolgozó ferde élű vágókésekkel dolgozó szerszám. Az élek által bezárt szög 20-30°, ennek köszönhetően egyszerre csak rövid a dolgozó él hossz, így lehetőség van görbe menti vágásra is. A gyors, rövid löketű vágások miatt a megmunkált lemez szélei gyakran utólagos sorjázást igényelnek. (Gál-Kiss-Sárvári-Tisza, 2008)

1.3. Termikus vágások

A korábban ismertetett technológiák mechanikus vágási eljárások, amelyek lehetnek határozott élű, mint az ollón való vágások, vagy határozatlan vágási élű.

Lemezt vágni azonban más energiaforrásból származó energiával is lehet. Termikus vágás során az éghető gázelegy hőmérséklet, plazmavágásnál elektromos ív segítségével létrehozott nagy hőmérséklet, míg a saját hőmérséklettel nem rendelkező fókuszált lézervágás anyagi abszorpciójának hevítő hatását használják a vágórés kialakításához. (Sólyomvári, 2000/2. szám)

1.3.1. Lángvágás

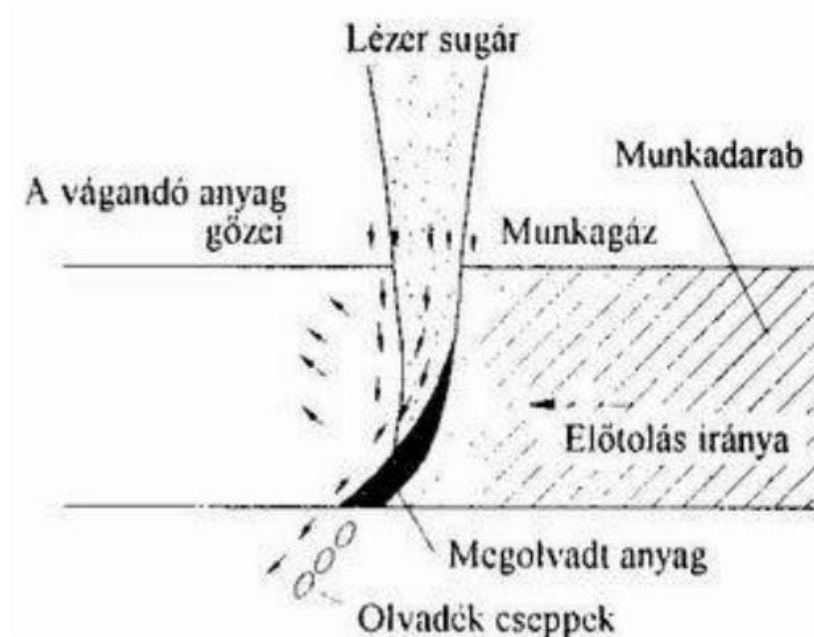
A lángvágáskor a vágandó fémet az égőgáz-oxigén láng megolvasztja, vagy égető vágás esetén elégeti, majd a megolvadt, illetve a keletkező égéstermék a vágórésből kifűjja. A felületet hevíti csak a láng, az alsóbb rétegeket a fém égéshője, a salak hője, és a láng együttesen hevíti. A lángvágás feltétele, hogy a vágott fém éghető legyen oxigénben, a gyulladási hőmérséklete az olvadáspontja alatt legyen, a fém olvadáspontja magasabb legyen, mint a keletkező oxid olvadáspontja. A fémnek magas reakcióhővel kell rendelkeznie, illetve a keletkező salaknak híg folyóságnak kell lennie, hogy az a vágórésből eltávolítható legyen. (Sólyomvári, 2000/2. szám)

1.3.2. A lézervágás elve

A lézersugaras megmunkálás elmélete Einsteintől származik, amelyet az 1960-as években alkalmaztak gyakorlatban először. Megkülönböztetünk elvükben

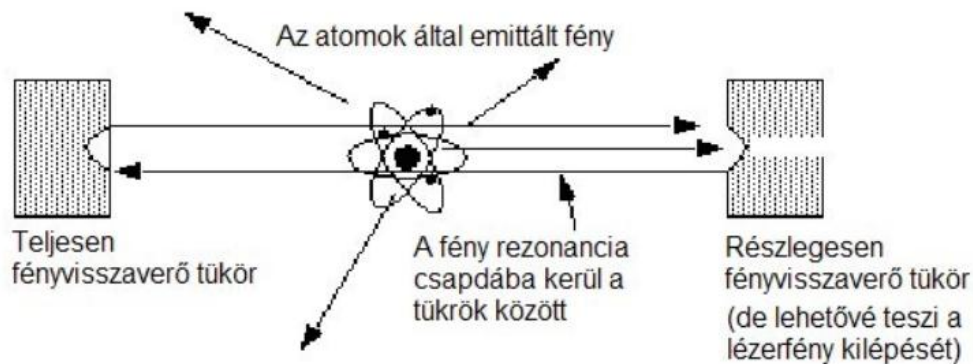
különböző típusú lézereket: excimer lézert, He-Ne lézert, rubin lézert, Nd-YAG valamint CO₂ lézert. Ezen lézerek az ipar különböző területein hasznosíthatók, vágásra a CO₂ elven működő gépek a legelterjedtebbek.

A lézersugarat tükrökkel és lencsékkel igen pontosan nagy sűrűséggel fókuszálhatjuk (0.1-0.5mm), amely igen nagy energiasűrűséget eredményez



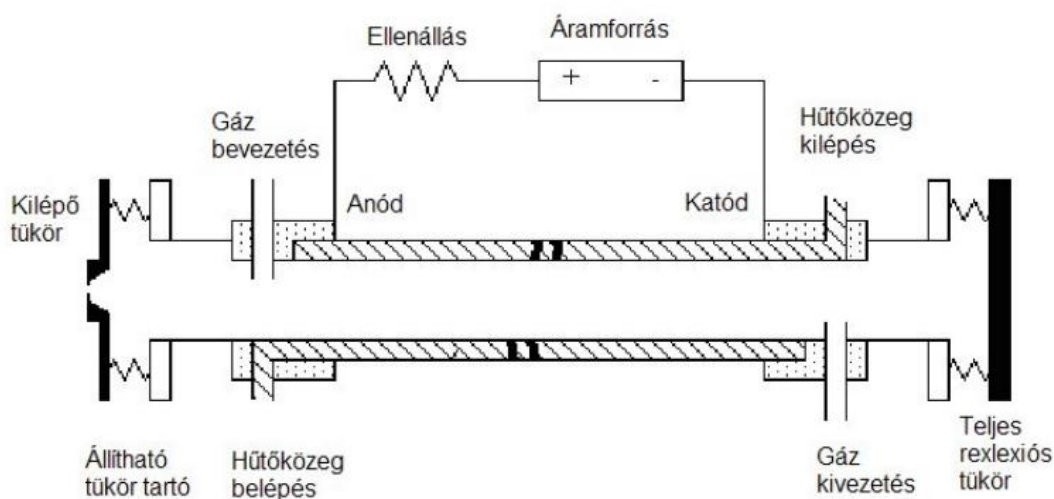
2. ábra A lézersugaras vágás folyamata (Pintér, 2011)

A fókuszált sugarat a munkadarab felületére irányítják, aminek az anyaga a sugár keresztmetszetében részben megolvad, részben elég, részben pedig elpárolog. Az így megmaradó olvadékot, égésterméket gáz segítségével kifűjják a vágórésből. Rozsdamentes anyagoknál, réznél a megolvadt fázis dominál. Védőgázként argont, nitrogént használhatnak, de a vágott anyagtól függően az égés elősegítésére oxigént, az égéstermék eltávolítására csak sűrített levegőt is alkalmaznak.



3. ábra A lézersugár előállítás (Pintér, 2011)

A lézersugár előállításához energia bevitellel (fény, hő) gerjesztünk atomokat, molekulákat, ionok elektronjait, vagy megváltoztatjuk a molekulák rezgési állapotát. A gerjesztett elektronok magasabb energianívójú elektronpályára kerülnek. Az alapállapotba történő visszatérés során a két elektronpálya energiakülönbségének megfelelő hullámhosszú fényt sugároznak ki. A kisugárzott fényt rezonanciával erősítjük (a lézerkamra hossza a hullámhossz felének egész számú többszöröse, egyik vége teljesen visszaveri a fényt, a másik részlegesen). Az eredmény: rezonanciát okozó reflexió, a fotonok újabb fotonokat generálnak, erősítő interferencia.



4. ábra Axiális gázátáramlásos CO₂ lézer hűtéssel (Pintér, 2011)

Amikor a fény energiája meghaladja azt a mértéket, amely már ki tud lépni a féligáteresztő tükrön, a lézer világítani kezd. A két tükör, azaz az elrendezés

geometriája miatt a kilépő fény már párhuzamos nyalábokból áll, a sugár széttartása (divergenciája) elhanyagolhatóan kicsi.

Mivel a Fireplace Kft-nél használt gépek CO₂ gépek, így részletesebben ezeket elemzem. A széndioxid-lézer infravörös fényt adó lézer (10,6μm), amely a széndioxid rezgési-forgási energiaszintjei közötti átmeneteken alapul. A lézerközeg ~ 1:1 arányú széndioxid + nitrogén (segédanyag) elegy. A széndioxidlézer a legolcsóbb azon lézerek közül, amelyekből nagy energiájú fénysugár nyerhető. Fémmegmunkálásra (vágás, fúrás) legelterjedtebben ezt a lézert alkalmazzák.

Megkülönböztetünk lassú és gyors hosszarámú CO₂ lézereket. A lassú rendszernél a lézergáz áramlási sebessége kb. 5 m/s-t ér el. Szokásos módon ez a kivitel egyenáramú berendezés. A lézergáz hűtése a rezonátor átalakítón történik. A literenkénti kisülési hossz a rezonátorban maximum 100 Watt teljesítményt biztosít. A gyors hosszarámú kialakításnál a lézergáz áramlási sebessége 500 m/s fölött van, amik rootfúvókkal vagy turbó ventilátorokkal érhetők el. A gáz hűtése hőcserélőn történik. A méterenkénti kisülési hosszal 500 W lézerteljesítményt lehet elérni. Ezzel a kompakt lézer nagy kimeneti teljesítménnyel rendelkezik (nagyobb, mint 36 kW). A gerjesztés egyenárammal, vagy nagyfrekvenciával történik. Ma az anyagfeldolgozásban alkalmazott legtöbb lézer a CO₂ lézer elv szerint működik. (Pintér, 2011)

1.3.3. Plazmavágás

A forgácsoló plazmaív az elektróda és a vágandó lemez közötti elektromos ívből illetve a vele egytengelyű, szűk keresztmetszetű furaton érkező nagy sebességű gázból tevődik össze. Az erősen koncentrált plazmasugár 13 000-15 000 °C hőmérsékletű plazmaív a fémeket megolvasztja és a gáz a vágórésből azt eltávolítja. (Sólyomvári, 2000/2. szám)

1.3.4. Termikus vágóberendezések

A teljesen automatizált CNC termikus vágógépeknél a vágófej mozgatása, a begyújtás, a láng beállítása, a plazma beállítása vagy a lézer paraméterek beállítása, a lyukasztási folyamat, a vágás kivitelezése és a paraméterek állandó ellenőrzése mind a vezérlő számítógép feladata. Ezen vezérlőrendszerek már felhasználóbarát tulajdonságokkal rendelkeznek, és a munkát megkönnyítendő számos CAD rendszerrel kommunikálnak, az elkészült rajzokat átalakítják olyan formátumba, amelyet a vezérlőszoftver kezelni tud, és az anyagminőséghez illeszkedve számítja ki a vágási paramétereket, terítéket, és végzi el a feladatot. (Pintér, 2011)

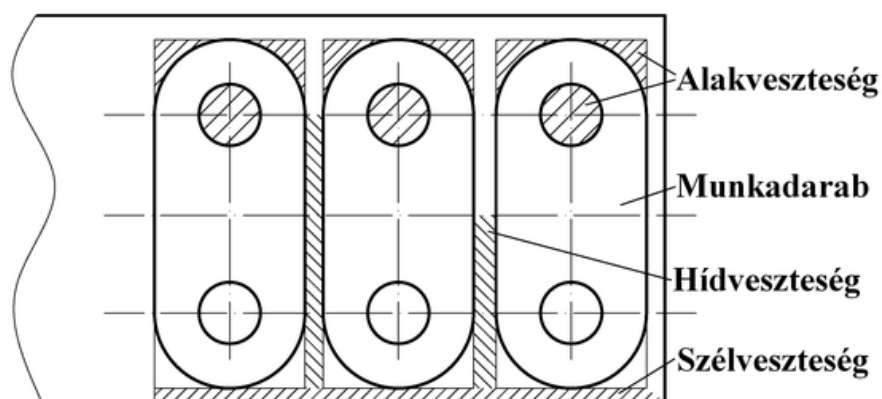
1.4.A kivágás és lyukasztás

A kivágás és a lyukasztás zárt körvonal mentén végzett vágó műveletek. Akkor alkalmazzuk, ha azonos alakú és méretű munkadarabokat nagy számban kell gyártani. A kivágás és lyukasztás közötti különbség mindössze annyi, hogy a kivágás során a lemezből a sajtolószerszám által kivágott darab a munkadarab, míg a lyukasztásnál a kieső darab a hulladék. Mivel a két eljárás technológiailag azonos, a továbbiakban a két eljárást együtt kezeljük.

A kivágás során egy lemezsávot tolunk be ütközésig a kivágó szerszámba, majd a szerszámot összezárja a gép – ekkor történik a kivágás -, a kivágott rész kiesik, majd a gép ismét nyitja a szerszámot, hogy újabb előtolás után ismételtlen megkezdje a munkafolyamatot. Maga a szerszám végzi több lépcsőben a munkadarab elkészítéséhez szükséges műveleteket (sorozatszerszám), illetve egyszerre is (blokkszerszám).

A sávot a lemezfelcsévéelő berendezésről lehet kézzel, illetve géppel is előtolni. napjainkban kézi előtolást csak a kis darabszámú termelés esetén alkalmaznak, valamint a sáv bevezetésére a gépbe. Ezt követően nagy pontosságú sáv előtoló gépek végzik az előtolást. Hagyományosan két vezetőléc gondoskodik a sáv pontos megvezetéséről, míg az előtolás mértékét ütközők szabályozzák; a két folyamatot helyzetmeghatározásnak nevezzük.

Az ütköztetésnek kiemelt fontossága van a kivágás folyamatában, hiszen ezáltal garantálható a kész munkadarab pontos és gazdaságos gyártása. Az előtolás határolóknak három típusát különböztetjük meg: merev ütközőket, mozgó ütközőket (pl. helyrehúzó csapok), és az oldalütközőket.



5. ábra A sávkihasználtság (Gál-Kiss-Sárvári-Tisza, 2008)

A kivágandó darabok közötti távolságot hídszélességnek (u), a kivágandó darab és a sáv széle közötti távolságot széltávolságnak vagy szélhulladéknak (v), az oldalvágó rész által eltávolítandó részt oldalvágóra való ráhagyásnak (w) nevezzük.

Nagy volumenű gyártás során arra törekszünk, hogy a kivágási körvonalak egymáshoz minél közelebb kerüljenek kedvezőbb sávkihasználást eredményezve. Egy bizonyos minimális érték alatt már a szerszám palástján ébredő nagy nyomás miatt annak élettartama jelentősen csökken. Rendszerint a hídszélességet, széltávolságot minimálisan a lemezvastagsággal megegyező mértékben szokás meghatározni. Vékony lemezek esetén ($s \leq 1\text{mm}$), vagy pontatlan előtolásnál ennél nagyobb értéket kell választani.

A kivágandó lyuk legnagyobb méretét a sáv szélessége határozza meg, a legkisebb átmérő azonban egy számított véges érték, ugyanis a karcsú bélyegnél kihajlást is okozhat a bélyeg terhelése. (Gál-Kiss-Sárvári-Tisza, 2008)

1.4.1. A kivágás hagyományos művelettervezése

1.4.1.1. Teríték, elrendezési terv

Az első lépés a kívánt alkatrész terítékének a meghatározása, majd a megfelelő anyagminőség kiválasztása.

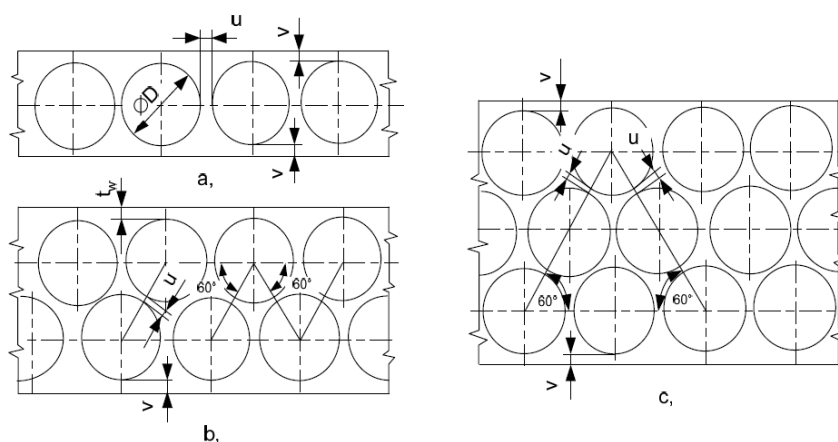
A kivágandó munkadarabok elrendezésével a gyártási költségek szoros összefüggésben vannak, ügyelni kell a sávon a kivágandó munkadarabok gazdaságos elrendezésére. Ezen gazdaságosság kimutatására az anyagkihozatali tényezőt alkalmazzuk:

$$\xi = \frac{n * A_h}{A_{\text{ö}}} * 100 [\%]$$

ahol: A_h : az egy munkadarab külső körvonala által határolt terület,
 n : az adott méretű lemezekből kivágható munkadarabok száma,
 $A_{\text{ö}}$: az n számú darabhoz felhasznált lemez összterülete.

Ezen tényezőt a munkadarabok kedvezőbb elhelyezésével (forgatás, eltolás, egymásba tolás, stb.) és a munkadarab alakjának változtatásával lehet elérni.

Ennek bemutatására három különböző körtárcsák gyártásához készített elrendezési tervet mutatok be.



6. ábra Köralak kivágásának elrendezési terv-variációi: a) egysoros, b) kétsoros, c) háromsoros elrendezés (Gál-Kiss-Sárvári-Tisza, 2008)

A lemez kihasználása láthatóan kedvezőbb, a köralakok szorosabban helyezkednek el, ám néhány sor után az anyagkihozatali tényező már nem növekszik olyan ütemben, amíg a szerszámköltség jelentősen növekszik. (Gál-Kiss-Sárvári-Tisza, 2008)

1.4.1.2. A kivágás technológiai adatai

- 1) Vágórésnek a matrica és a bélyeg átmérőinek különbségét nevezzük. Ezt z -vel jelöljük, mértéke a lemezvastagság 4-20%-a. A megfelelő vágórés kiválasztása a tényleges ($u_s = z/2$) javasolt értéke:

$$u_s = c * s * \sqrt{\tau_b} \text{ mm, ha } s \leq 3 \text{ mm}$$

$$u_s = (1.5 * c * s - 0.005) * \sqrt{\tau_b} \text{ mm, ha } s > 3 \text{ mm}$$

s : lemezvastagság

τ_b : nyírószilárdság (Mpa)

c : 0.0016-0.0022 értékű tényező

- 2) A maximális erő értéke:

$$F_{max} = kv * L * s * \tau_m \text{ [N]}$$

- 3) A kivágás munkaszükséglete:

$$W_{al} = c * F_{max} * s \text{ [J]}$$

Ferde vágóélek esetében az s helyett a valódi bélyegelmozdulással kell számolni.

- 4) A sáv lehúzásához és a kivágott rész kitolásához szükséges erő

A vágási folyamat végén a leeső részt a bélyeg áttolja a matricán, valamint a visszafelé haladó bélyeget le kell húzni a sávról. Ezen erő a bélyeg és a sáv közti súrlódás, valamint a kieső darab és a matrica között fellépő súrlódás összege, míg a lehúzáshoz szükséges erő csak az első erővel szemben hat. Elfogadva a $\mu = 0.2$, $h_f \approx 0.3 * s$, $K_f = \tau_m$ értékeket:

$$F_1 = F_2 = L * h_f * \mu * s * \tau_m \cong 0.06 F_{max} \text{ [N]}$$

- 5) A nyomásközéppont meghatározása

A szerszám kialakításakor úgy kell tervezni a befogócsap helyét, hogy azt az alakítóerők támadáspontjába kell helyezni, így lehet elérni a szerszám mozgó

részének minimális igénybevételét, elkerülni az oldalirányú feszítő erőket és azok negatív hatását (például: szerszámkopás).

Amennyiben alakításkor állandó helyzetű az eredőerő, a nyomásközéppont számítással egyszerűen kiszámítható. Ha változó helyzetű az eredőerő, akkor úgy kell megválasztani a nyomásközéppont és ezáltal a befogócsap helyét, hogy a különböző időben ható eredőerőknek a nyomásközéppontra számított nyomatékai közül a legnagyobb nyomaték értéke a lehető legkisebb legyen. (Gál-Kiss-Sárvári-Tisza, 2008)

1.4.2. A kivágás szerszámai

A szerszám tervezésekor figyelembe kell venni a rendelkezésre álló géppark adta lehetőségeket. Noha szerszámot jellemzően egy adott gépre tervezünk, de a szabványosított szerszámbefogásnak, illetve egyéb szerszámelemeknek köszönhetően a szerszámszerkesztés előregyártott elemekből felépülő szerszámházba beépülő aktív elemek tervezéséből áll. (Dr. Gillemot László, 1971)

A kivágó szerszámokat osztályozhatjuk több szempont szerint:

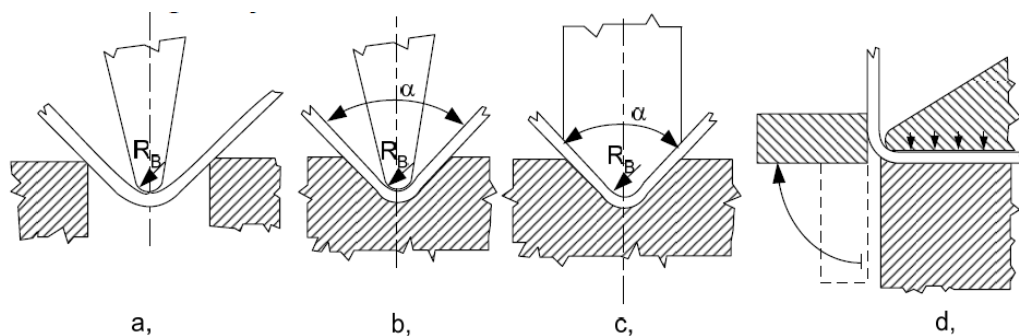
- A végzett munka jellege szerint: kivágó, lyukasztó, vagy összetett (egyéb művelettel kombinált) szerszám
- Működési mód szerint: egyszerűek vagy több műveletesek
- A szerszámfelek megvezetése szerint: vezetékek nélküli, vezetőlapos, vezetőoszlopos (csúszó vagy golyós) és vezetőhengeres
- Sávütköztetés szerint: ütközővel nem rendelkezők, merev ütközősők, mozgó ütközősők, keresőcsaposak, oldalvágó bélyegesek
- A vágólap kialakítás szerint: tömör, osztott, perselyezett, felhegesztett élű, stb. (Gál-Kiss-Sárvári-Tisza, 2008)

1.5. Hajlítás

A hajlítás olyan képlékenyalakító művelet, amelynek során az előgyártmány egyes felületeit egymáshoz viszonyítva adott szög alatt hajló felületekké alakítjuk. Magát az eljárást nem csak lemezalkatrészek alakításakor használják, rudak,

csövek, stb. ugyancsak alakíthatók hajlítással. A hajlítást a szerszám és a matrica együttesen végzi. (Gál-Kiss-Sárvári-Tisza, 2008)

Négy alapvető kategóriába csoportosíthatjuk a hajlítást a szerszámok és a munkadarab alakja és mozgása alapján.



7. ábra Hajlítások típusai (Gál-Kiss-Sárvári-Tisza, 2008)

Szabad hajlításnál (a.) egyik szerszám él sem követi a munkadarab alakját. Félsüllyesztékes (b.) szerszámnál csak a matrica egyezik meg a kívánt alakkal, süllyesztékes (c.) esetben pedig az alakító szerszám is. Lengőhajlításnál a munkadarabot két pofa közé fogva egy harmadik szerszám végzi a hajlítást. (Dr. Gillemot László, 1971) (Madarász, 2009)

1.5.1. Feszültségi és alakváltozási állapot a hajlított anyagban

A hajlításkor a megmunkálás során csak a hajlítási gócban megy végbe alakváltozás. Két esetet különböztetünk meg a lemezvastagság és a sávszélesség arányainak függvényében. Ha a lemez széles ($b > 3s_0$), a szélesség irányában történő alakváltozás elhanyagolható, ilyenkor közel síkváltozási állapotról beszélünk. Amennyiben a lemez keskeny ($b < 3s_0$), úgy jelentős szélesség irányú deformációval is számolni kell.

A hajlítás külső ívén az anyag megnyúlik, míg a belső íven megrövidül. A darab középső szakaszán található az ún. semleges szál, amelynek hossza nem változik. (Gál-Kiss-Sárvári-Tisza, 2008)

1.5.2. A semleges szál

A semleges szál ismerete azért fontos, mert a hossza megegyezik a kiindulási hosszal. A semleges szál helyzete a megmunkálás során változik. Ez a lemezvastagságtól is függ: vastag lemezeknél a semleges szál a vastagság középvonalában helyezkedik el, keskenyebb lemezeknél a nyomott irányba tolódik el. A semleges szál sugarának számítása az

$$r_N = r_h + \frac{s_0}{2} \xi$$

összefüggéssel végezhető, ahol: ξ a korrekciós tényező, a közepes sugár és a lemezvastagság függvénye. (Gál-Kiss-Sárvári-Tisza, 2008) (Madarász, 2009)

1.5.3. Minimális hajlítási sugár

A minimális hajlítási sugár egy olyan érték, amit az adott lemez vastagsága és anyagminősége függvényében számíthatunk ki. Ennek értéke az a rádiusz, amely értékig hajlítva az anyag egyszeri hajlítás során berepedezés nélkül elviseli az eljárást. Ez alatt több lépcsőben, köztes lágyítással kell elvégezni az előírt érték eléréséig.

A minimális hajlítási sugár számítását elméleti úton úgy kell végezni, hogy a külső anyagrétegben lévő érintőirányú nyúlás ne haladja meg a szakítópróbatest kontrakciós szakaszán fellépő ún. effektív nyúlást (amelyet a kontrakció értékéből számolhatunk). A minimális megengedhető hajlítási sugár számítása leegyszerűsítve:

$$r_{hmin} = k * s_0$$

ahol: k : anyagjellemző szerinti tényező

(Gál-Kiss-Sárvári-Tisza, 2008)

1.5.4. A hajlító szerszámok

A hajlítószerszám lehet vezetés nélküli, pontosabb megmunkálás esetén vezetőoszlopos kialakítású. A visszarugózás miatt a szerszám nem követi a

gyártmányt alakhűen, annak mértékét figyelembe kell venni a tervezéskor. A visszarugózás mértékével megnövelt hajlítási szöggel való hajlítás után a megmunkált darab már alakhű lesz. A visszarugózás mértékét pontosan számítani igen nehéz, ezért célszerű úgy kialakítani a szerszámot, hogy ha a visszarugózás szögét tévesen vettük fel, azt utólagosan korrigálni tudjuk. (Dr. Gillemot László, 1971)

A hajlító szerszámokat alakjuk szerint csoportosíthatjuk, amelyekkel adott profilú hajlítások kivitelezhetőek. Ezeket a készítendő darabok határozzák meg: lehetnek V, U, vagy ettől bonyolultabb profillal rendelkező hajlítások.

Tekintettel kell lenni az adott hajlítási típus jellegzetes paramétereire a hajlítások tervezésekor: a megfelelő értékű hajlítóélek, lekerekítések szavatolják az elérni kívánt gyártási minőséget.

Egyetemes hajlító szerszámmal a tetszőleges profil kialakítható, legyen az zárt, vagy nyitott vonalvezetésű. Ezen hajlító szerszámok hossza általában 2m-től 6m-ig terjednek, de előfordul a 10m-es szerszám is. Ezeket a szerszámokat élhajlító sajtológépekre szerelve végeznek megmunkálást, melyet mechanikus vagy hidraulikus elven működnek. (Gál-Kiss-Sárvári-Tisza, 2008)

1.5.5. A hajlítás erő- és munkaszükséglete

A hajlításkor a hajlítószerszám által átadott erők nyomatéka megegyezik a hajlításhoz szükséges nyomatékkal.

1) A hajlításhoz szükséges nyomaték:

$$M = C * k_f * \frac{b * s_0^2}{4}$$

2) A hajlításhoz szükséges erő:

$$F = C * k_f * \frac{b * s_0^2}{2 * r_N} * \tan \alpha \text{ [N]}$$

3) A hajlítás munkaszükséglete:

$$W = M\alpha = C * k_f * \frac{b * s_0^2}{4} \alpha \text{ [J]}$$

ahol: α : a hajlítási szög.

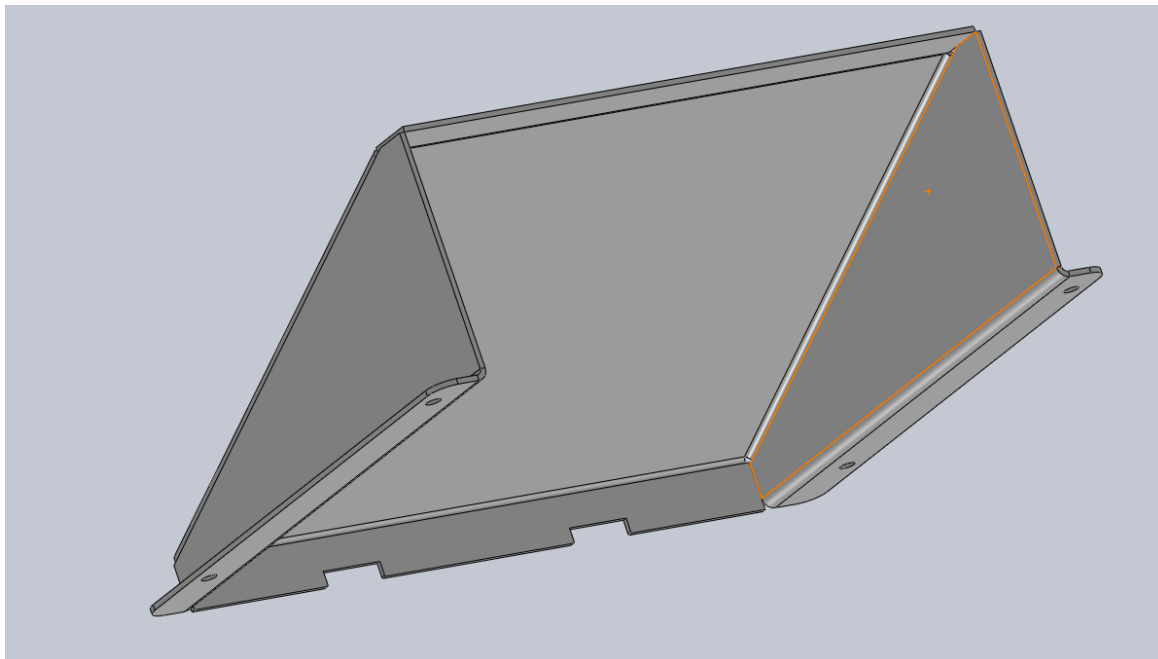
Némely esetekben előfordul, hogy utánnyomást kell alkalmazni a visszarugózás csökkentésére, amely utánnyomás a fenti képletben szereplő érték többszörösét is elérheti. Például egy V-alakú hajlítás esetében az utánnyomás az

$$F = p * A * \sin \alpha / 2 \text{ [N]}$$

ahol: $p = (0,4-0,6) R_{p0.2}$ a hajlítási szög.

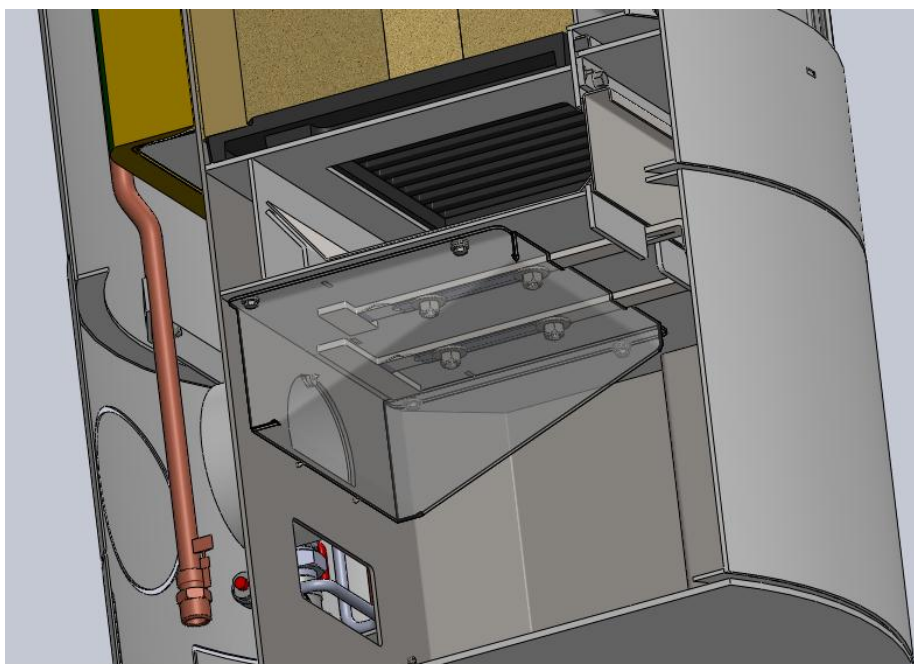
szerint számítható. Amennyiben a prés gép teljesítményét ezen érték meghaladja, úgy a nyomóbélyeg felületét a hajlított rész mértékére csökkenthetjük le. (Gál-Kiss-Sárvári-Tisza, 2008)

2. LEMEZALAKÍTÁS TERVEZÉSE



8. ábra A Taurus Aqua levegődoboz

A vizsgált lemezalkatrész a Taurus kandallókályha levegődoboz, amely tartalmazza a legjellemzőbb lemezalakítási műveleteket.



9. ábraA beépített légdoboz

A vizsgált kandallókályha külső légbevezetéses, szükség van a beérkező levegő irányítására a megfelelő égéshez. A beérkező levegőt a doboz alatt található huzatszabályozókkal lehet kívánt módon beállítani. Méretei kiadódó méretek, anyaga, s235jrg2 anyagminőségű acél 2 mm-es vastagságú lemezből elkészítve.

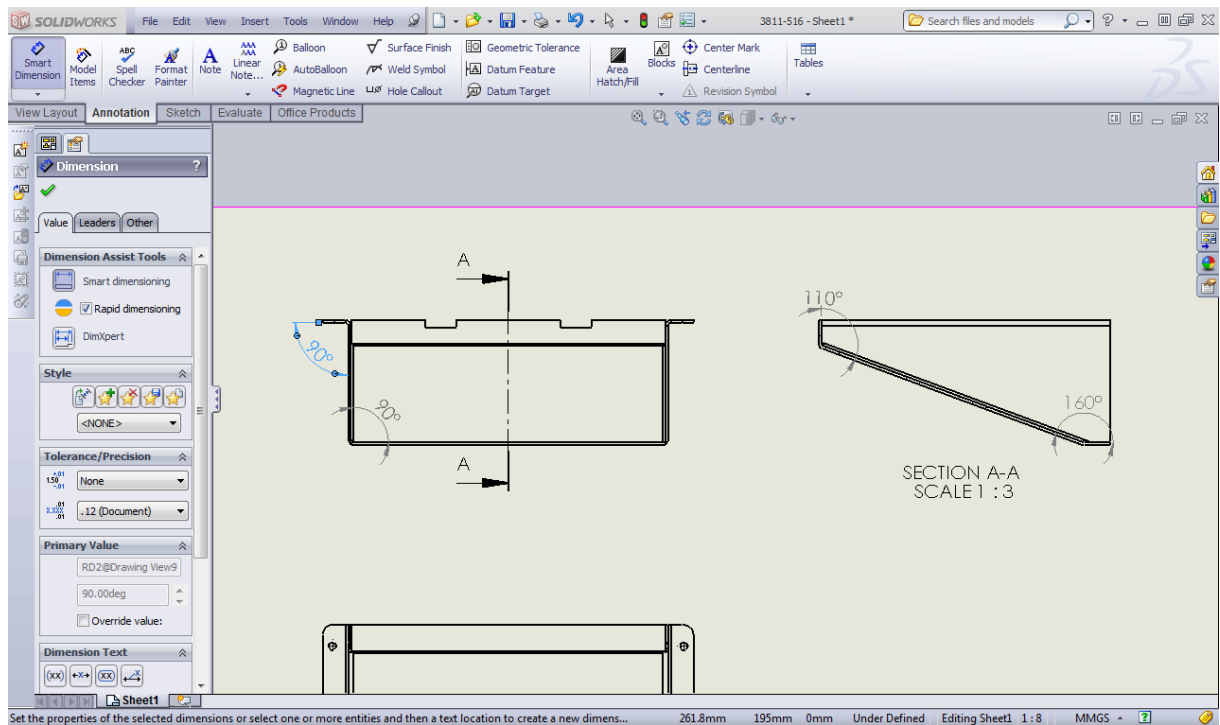
A nyári gyakorlatom során láttam a számítógépes technológiai tervezés menetét, de annak ismertetése előtt célszerű a tervezés hagyományos folyamatát is áttekinteni.

2.1.A hagyományos technológiai tervezés

A hagyományos, két-dimenziós tervezés alapjául az elkészítendő alkatrész rajza szolgál. A hagyományos tervezés során is a kivágandó teríték elkészítése a cél, amíg azonban a tervezőszoftverek a terítéket elkészítik a beméretezett és az anyagminőségnek megfelelő tulajdonságokkal ellátott modell alapján, itt azt nekünk kell elkészíteni.

Az alkatrész műhelyrajzáról a sík lemezterületek méretei leolvashatóak. Mivel ezek leginkább kiadódó méretek, amelyet az azt körülvevő többi alkatrész helyzete és mérete határoz meg, így azok tervezésére nem térnék ki, azokat a hajlítási élek mentén kell egymás mellé illeszteni. A problémát a hajlítási élek jelentik, melyek mentén ezeket a síkokat össze kell illeszteni, ugyanis a hajlítási sugár nem azonos a hajtott él a hajlítással merőleges keresztmetszetében lévő semleges szál hosszával. Korábban a „Hajlítás” c. pontban a semleges szál fogalmát bemutattam, itt gyakorlati példán keresztül számítással fogom a hajlítások ún. kiterített hosszát meghatározni.

A teljes lemezhossz az egymás mellé helyezett síkok, és az őket összekötő hajlítások semleges szál hosszának összegei. A semleges szál gyakorlatilag egy körív, amelynek hosszát az ív területének számításából származtatjuk. A számításához szükséges ismernünk a hajlítás szögét, valamint a belső és külső ívhosszakat. A bemutatott, tervezendő alkatrész négy hajlítást tartalmaz, ezek az alábbi vázlaton láthatók.



10. ábra A légdoboz hajlítási szögei

A kör kerülete $K = 2R\pi$, amelyet a hajlított ív hosszánál a hajlítás szögével arányosítjuk $l = \frac{\alpha}{360} * 2R\pi$. Az R helyére a semleges szál sugarát $R_{sugar} = \sqrt{R_{külső} * R_{belső}}$ összefüggéssel behelyettesítve a következő kifejezést kapjuk:

$$l_{iv} = \frac{\alpha}{360} * 2 * \sqrt{R_{külső} * R_{belső}} * \pi$$

A számított ívhosszok a következők:

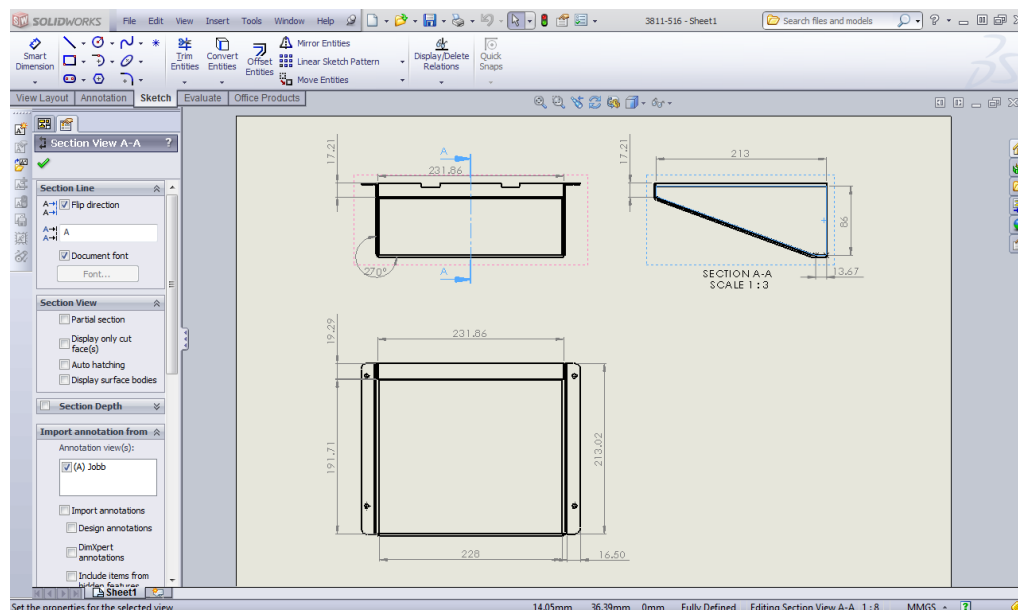
$$l_{iv\ 90^\circ} = \frac{90}{360} * 2 * \sqrt{4\ mm * 2\ mm} * \pi = 4.44\ mm$$

$$l_{iv\ 160^\circ} = \frac{160}{360} * 2 * \sqrt{4\ mm * 2\ mm} * \pi = 7.9\ mm$$

$$l_{iv\ 110^\circ} = \frac{110}{360} * 2 * \sqrt{4\ mm * 2\ mm} * \pi = 5.43\ mm$$

Az így kapott semleges szálakat hozzáadva a már korábban megadott rajzon szereplő egyenes méretekhez elvégezhető a kész kiterített alak megszerkesztése, amelyet az AutoCAD segítségével végeztem el.

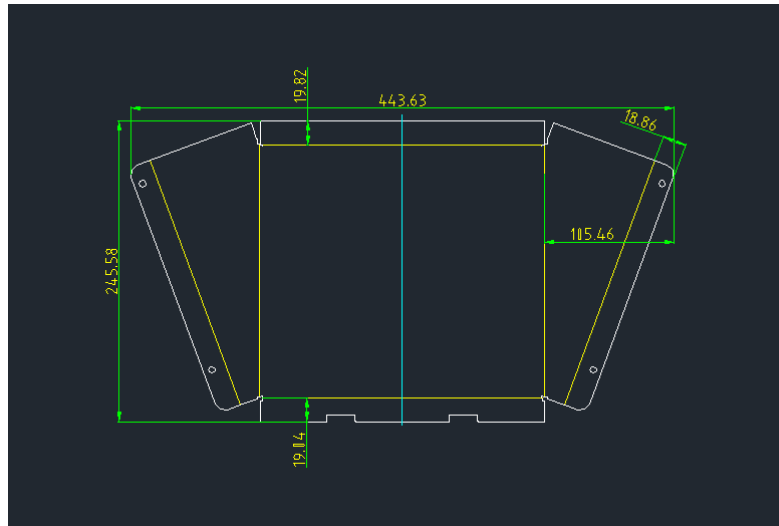
Az axonometrikus ábrán látható, hogy hét darab síkidomból épül fel az alkatrész, azok pontos méreteit a rajzon bejelöltem.



11. ábra A légdoboz műhelyrajza

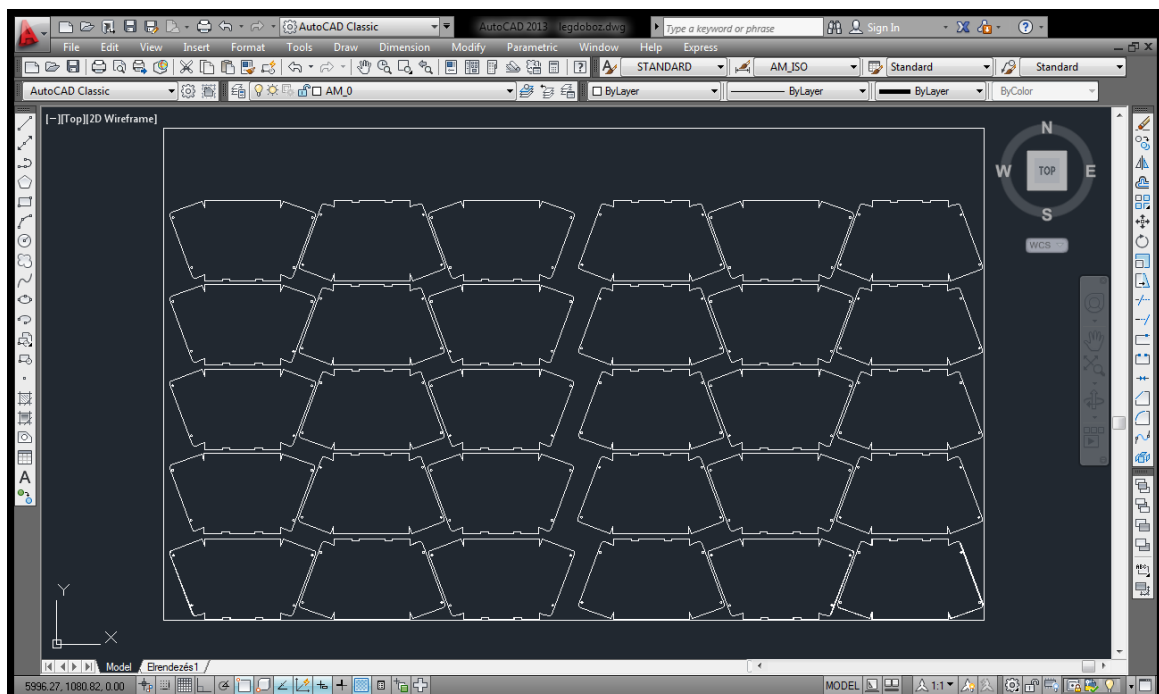
Ezeket a hajlításokat be kell számítani a teríték hosszába, mégpedig úgy, hogy a hajlításokat jelölő vonalakra merőleges, a hajlított anyag semleges rétegének hosszát (melyet a hajlítást szögei szerint feljebb kiszámoltam) hozzá kell adni a két szomszédos síkidom méreteihez, amely a hajlítás két oldalán helyezkedik el.

A kiterített hossz kiszámítása elengedhetetlen a lemezteríték elkészítéséhez. A kiterített hossz kiszámításához szükségünk van egy bázisra, ez jelen esetben a közepén található téglalap alakú sík. Az ezt körülvevő 90°-os hajlításokban található semleges szál hosszát hozzáadom, majd ezt követi a következő, szomszédos síkidom. Mivel összesen hat hajlítás van, ezt a lépést ennyiszor kell megismételni.



12. ábra A teríték rajza

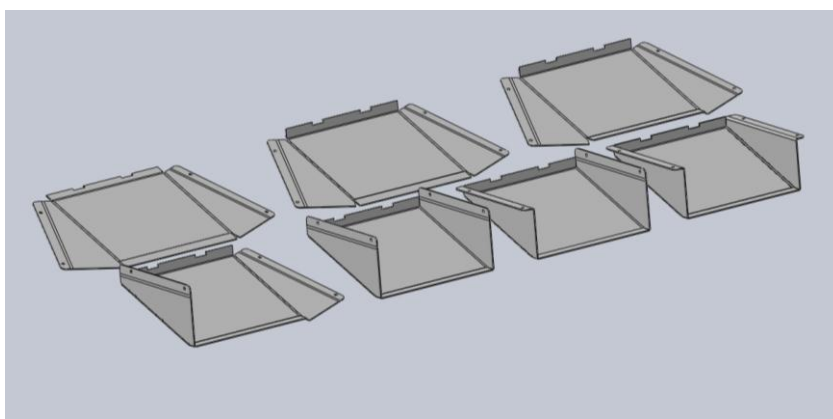
Az így megkapott kiterített rajzot felhasználjuk a lemezterv elkészítésére. A lemez, amiből majd a lézervágógép kivágja 1500mm*2500 mm méretű. Törekedve a legjobb anyagihasználatra több kipróbált variáció után az alábbi találtam a legmegfelelőbbnek.



13. ábra Lemezterv

Az így elkészült tervet továbbítva a lézervágó gép kezelőjéhez az alkatrészek kivágásra kerülnek a rajtuk lévő furatokkal együtt. Az így elkészült félkész terméket továbbítják az élhajlítóba, ahol megkapja a végleges formáját.

A hajlítások sorrendjének megfelelő meghatározására a hajlítások megvalósíthatóságának szempontjából van szerepe, ugyanis rosszul megválasztott sorrend esetén előfordulhat, hogy a hajlítások nem kivitelezhetőek. Lépésenként a helyes hajlítási sorrendet meghatározva lépésenként bemutatom a 13. ábrán.



14. ábra A légdoboz élhajlítási sorrendje lépésenként

Az elvégzendő hajlítások kivitelezhetőségét illetően ellenőrzéssel tudjuk igazolni. Ennek segítségével a minimális hajlítási sugarát számolom ki a lemeznek: amennyiben a minimális hajlítási sugar nagyobb, mint az tervezett, azt az anyag nem fogja elviselni berepedezés nélkül, így annak kisebbnek kell lennie. A korábban bemutatott

$$r_{hmin} = k * s_0$$

egyenletbe helyettesítve,

$$r_{hmin} = 0,6 * 2 \text{ mm} = 1,2 \text{ mm}$$

tehát a hajlítás megvalósítható.

A légdoboz elkészítésekor jelentős többletmunkával járt a kézi számítás, azonban egy összetett műveleteket is tartalmazó alkatrész esetén még ennél is több számítási, illetve szerkesztési feladatot jelent.

2.2.Számítógépes tervezés: A különböző tervezőrendszerek összehasonlítása

A következő fejezetben a számítógépes tervezőrendszerek lemezalakítási (sheet metal) funkcióit bemutató próbatest megtervezését, elkészítését fogom bemutatni a vizsgált programokban. Az elemzés során a SolidWorks2012, az Unigraphics NX 8.0, és a Solid Edge ST4 programokat alkalmaztam.

2.2.1. A SolidWorks 2012 programmal végzett tervezés ismertetése

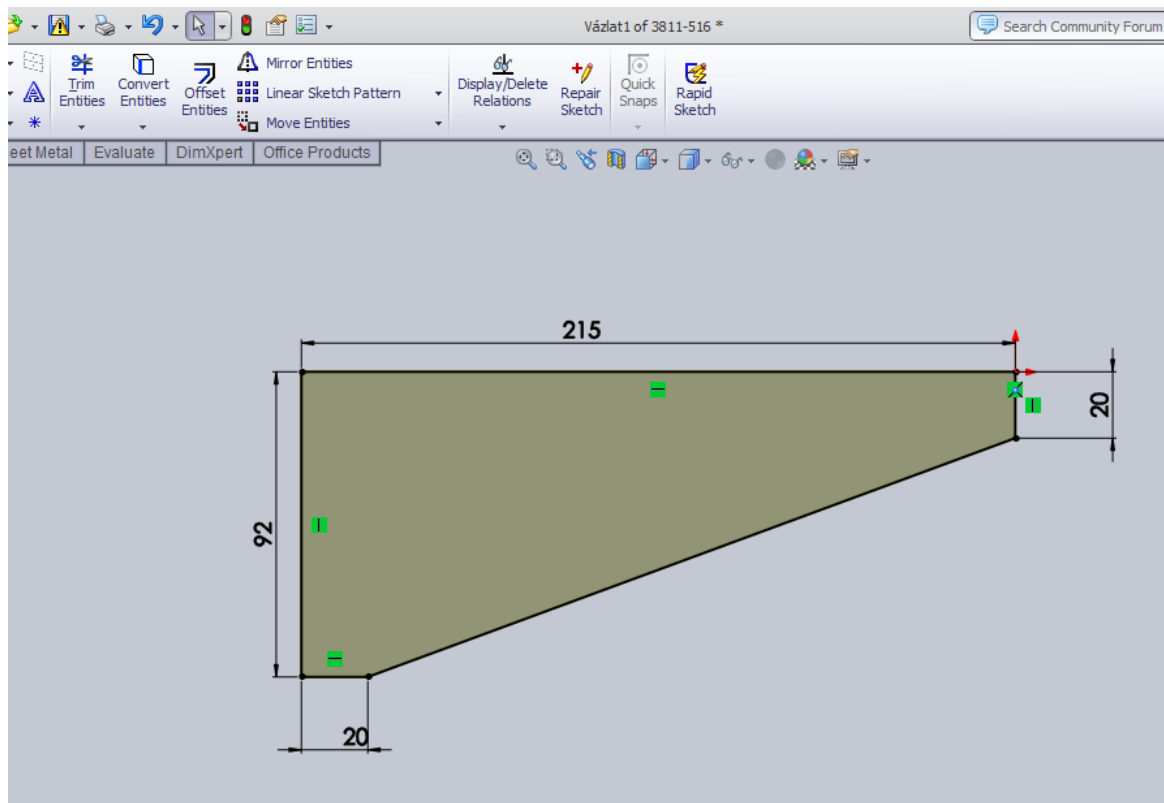
2.2.1.1. A SolidWorks története

Korábban az AutoCAD-ben tervezték a Fireplace Kft-nél a kandallókat, de a fejlesztéseknek hála már két számítógépen is használják a tervezőmérnökök a Dassault Systemes által fejlesztett 3D CAD szoftvert, a SolidWorksot.

A szoftver 1993-ban jelent meg, amely kedvező árával teret nyert az egyébként sok résztvevős CAD szoftverpiacon. A Dassault Systemes 1997-ben felvásárolta a szoftvercéget, így az a CATIA mellett már ezt is birtokolta. Jelenleg a kedvező árú középkategóriás CAD szoftverek versenyében a Solid Edge és Autodesk Inventor mellett vezető szerepet tölt be az eladások tekintetében. (Hegedűs, 2010)

2.2.1.2. Az alkatrész elkészítése

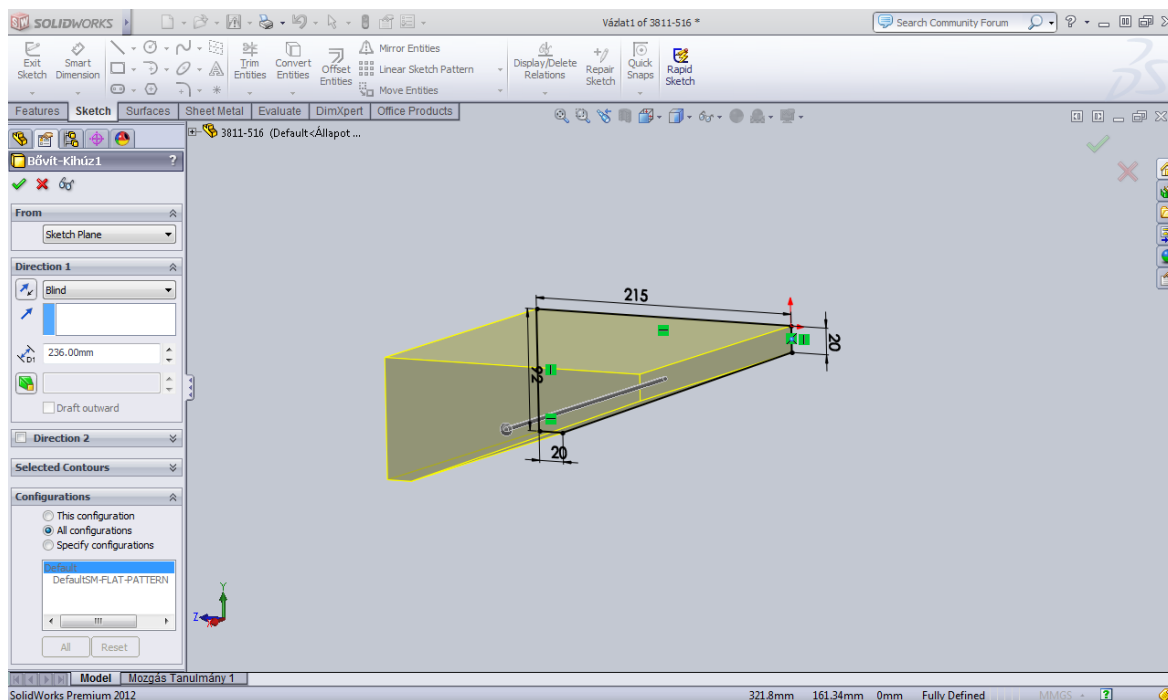
A lemezalkatrészt első lépésben egy test kinövesztésével kezdem. Ezt az Extruded Boss/Base paranccsal lehet megtenni. A gombra kattintva a program kéri, hogy válasszuk ki a vázlatunk megrajzolásához szükséges síkot, esetünkben én a Right Plane –t választottam ki. A vázlatot nem kell rögtön paraméterezni, elegendő ténylegesen felvázolni azt, majd utólag megadni a méreteket, kényszereket.



15. ábra Az alkatrészt alkotó test keresztmetszete

Amikor elkészült a vázlat, az Exit Sketch gombra kattintva kilépünk a vázlat szerkesztéséből, és kéri, hogy adjuk meg a kinövesztés irányát és mértékét: az iránya jelen esetben tetszőleges, hossza 236 mm. Az így elkészült test azonban még nem lemezalkatrész, ezért átváltva a felső menüt a Sheet Metal fülre a Convert to Sheet Metal gombbal azzá tehetjük.

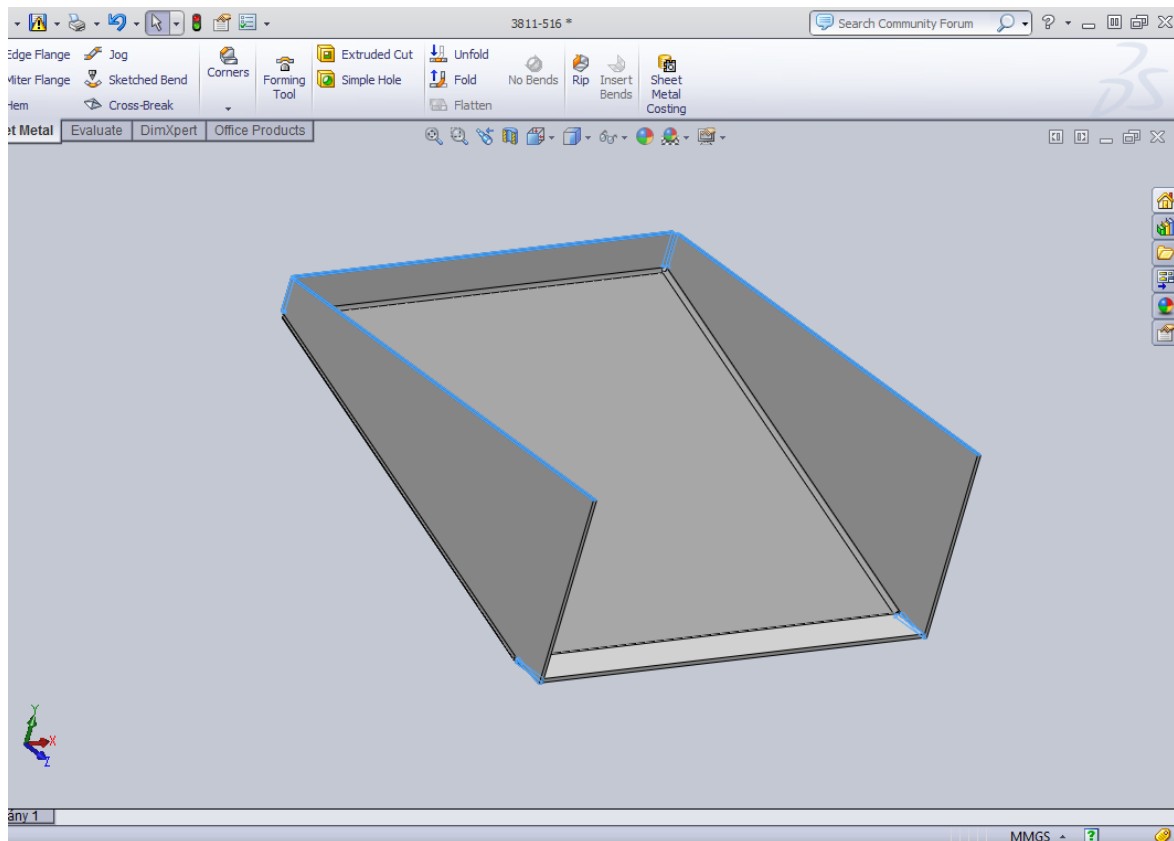
Mint mindenhol, itt is fontos a helyes paraméterezés, szem előtt kell tartani, hogy a méreteket miként adjuk meg, vagy hogy az adott hajlítás megvalósítható-e. A hajlítás elvégezhetőségének ellenőrzése lényegében a hajlítási sugarak ellenőrzését jelenti, azaz ha a tényleges hajlítási sugár nagyobb, mint a megengedett minimális hajlítási sugár, a hajlítás sikeresen elvégezhető.



16. ábra SolidWorksben való növesztés

Ki kell választanunk egy felületet, ami az alkatrész alapja lesz. Az alsó, legnagyobb felületet jelöltem ki, majd a lemezvastagság megadása után (fontos odafigyelni a Reverse thickness opcióra, attól függően, hogyan méreteztünk) ki kell választani azon éleket, amiket hajlítva megkapjuk az alkatrészt határoló oldalakat. Mivel a tervezendő test tartalmaz két olyan oldalt is, amit nem kívánunk megtartani, az ahhoz kapcsolódó éleket nem jelöltem ki. (Solidworks fórum)

Az így elkészült lemezalkatrészen még el kell végezni további kiegészítő lépéseket. Azért, hogy az egymásra hajtott élek kellően összezáródjanak és hegeszthetők legyenek a kijelölt élek mentén a Corners/Closed Corners opciót ki kell választani, majd a túlnyúlásokat levágni. Ezt a legkönnyebb az egyik oldallemezt vázlatként kijelölve váznetben elvégezni: a mögötte így láthatóvá vált éleket offset paranccsal a vázlatunkon megrajzolni, így pontos lesz a kivágás.



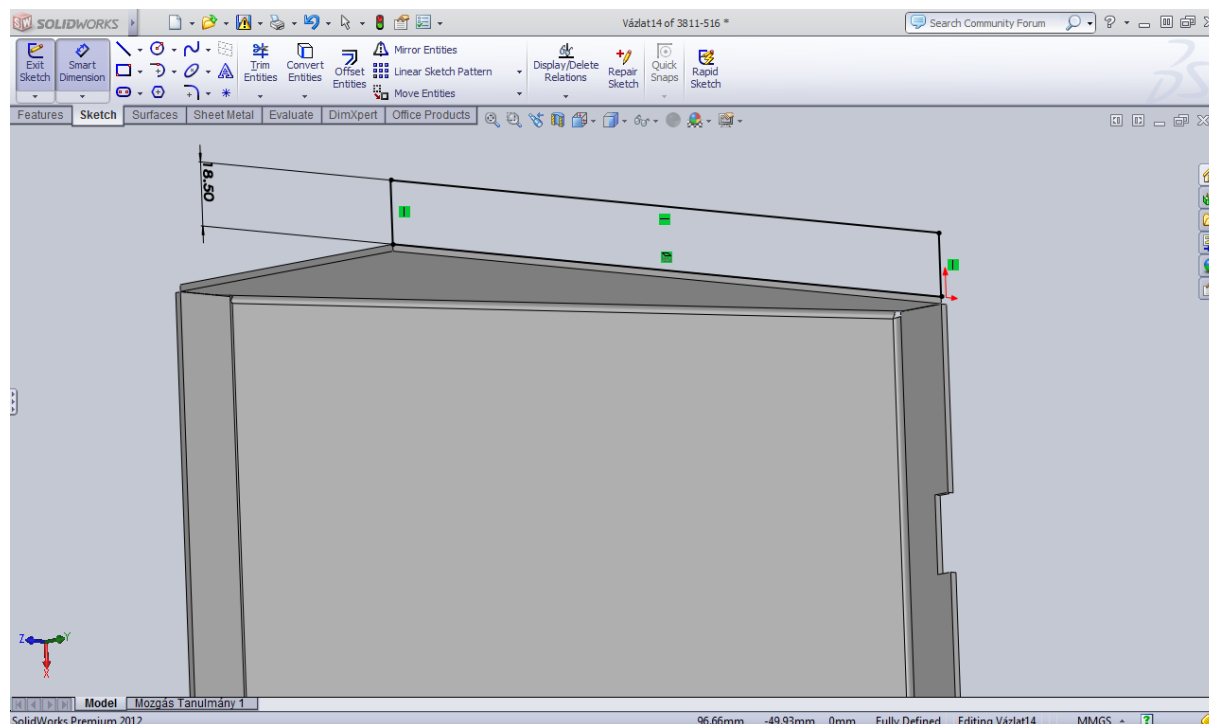
17. ábra A vágandó élek a lemezalkatrész elkészítésekor

A következő lépésben két rést kell kivágni a 17. ábra szerinti elrendezésben a lemez kisebbik felületén. A vázlatok legyenek a kivágandó lemez hátsó oldala, majd rajzoljunk két 23mm*11mm oldalú téglalapot, amelyek középpontjai az oldalakat határoló élektől 68 mm-re helyezkedjenek el. A vázlatból kilépve vágási mélységnek a Through Next paranccsal a következő felületig (esetünkben a lemez vastagságával megegyezően) megkapjuk a kivágást. Ezt követően a vágás két felső sarkát lekerekítjük 0.5mm-es rádiusszal.

Az alkatrészen nem csak anyagleválasztási, hanem hozzáadási parancsokat is végezhetünk: a felszereléshez szükséges két lemezsávot most így fogjuk hozzáadni.

A SolidWorksben nincs jelentősége annak, hogy a vázlatot a műveletet elvégző parancs használata előtt vagy után készítjük el: amennyiben hamarabb rajzoljuk meg a vázlatot, vagy egy, már korábbi vázlatot szeretnénk felhasználni, úgy ki kell választani a baloldalon található modell fában, majd ezt követően kattintatni az utasításra.

A vázlatlátként válasszuk ki az egyik oldalfal felső élét, a növeszteni kívánt téglalap alak szélessége az oldalszélesség, magassága pedig 18,5 mm legyen.

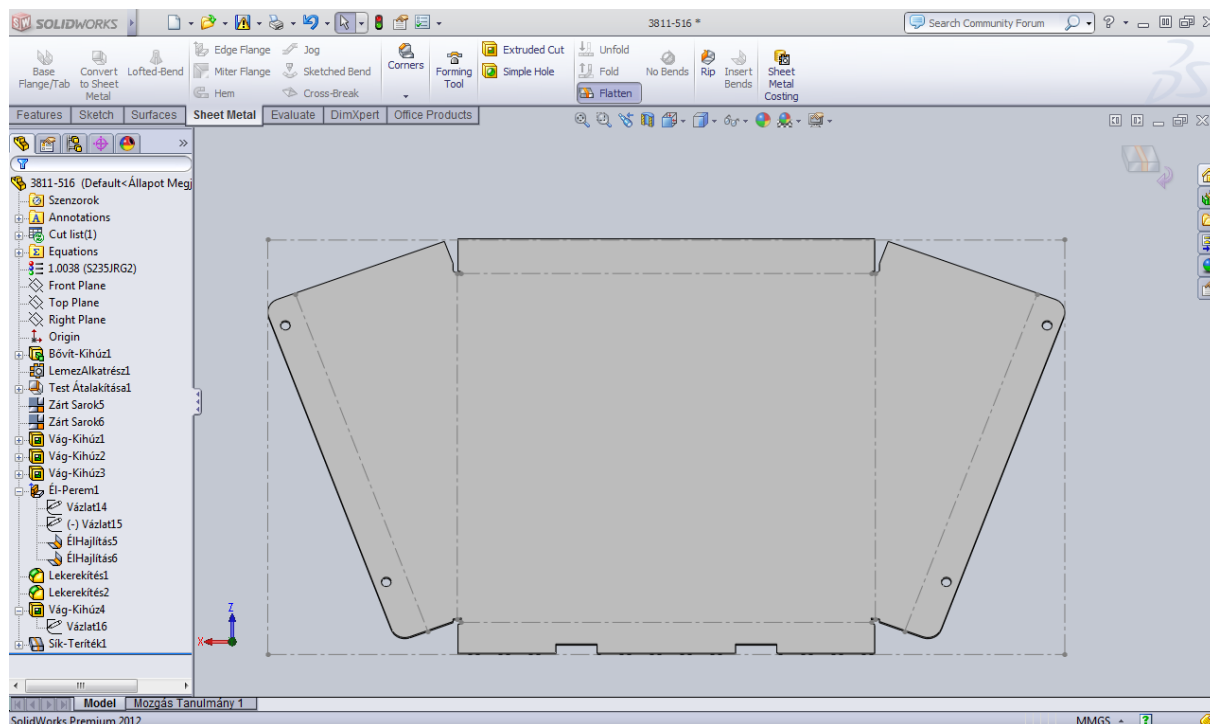


18. ábra Az oldalirányú hajlítás tervezése

A vázlatot bezárva majd kijelölve a hajlítási utasítások közül az élhajlítást jelölő Edge Flange ikont kell kiválasztani, ahol a hajlítandó élt kell kijelölni, ahonnan a növesztést szeretnénk indítani. A pontos méretezés érdekében ellenőrizni kell, hogy honnan van méretezve a rajzunk, ugyanis az lehet a hajlítás belső illetve külső élétől, esetleg a virtuális keresztmetszeti sarkából is indítani: esetünkben a Material Outside opciót kell kiválasztani. Az így elkészült növesztést megismételjük a másik oldalon, majd a sarkait lekerekítjük 8mm-es rádiusszal. Ehhez az éleket kell kijelölni, majd a Fillet paranccsal a rádiusz mértékét megadva a SolidWorks elvégzi a lekerekítést.

A felfogató oldalsávokon még el kell helyezni négy darab furatot, amelyekkel a helyére illeszthető az alkatrész. Válasszuk az Extruded Cut parancsot a Features fülön, majd vázlatlátként az oldalsáv felső síkját jelölöm meg. Ezen elhelyezek a rajz szerinti módon két 5.5mm átmérőjű furatot, amelyet aztán tükrözök a szimmetria tengely mentén.

Ezzel elkészült a modellünk SolidWorksben, a Sheet Metal/Flatten parancsával megkapjuk az alkatrész terítékét.



19. ábra A teríték SolidWorksben

2.2.2. Az Unigraphics NX 8.0

2.2.2.1. Az Unigraphics története

Az 1981-ben készítette el a Unigraphics a cégcsoport az első valódi 3D-s tervezőszoftverét, a Unigraphics nevű szoftvert. 1991-ben a General Motors által birtokol EDS felvásárolta a Unigraphics csoportot, ezzel a GM vállalati CAD rendszerévé vált. Számos köztes generációt követően 2002-ben kiadják az első új generációs verziót, az NX-et, amely a Unigraphics, és a cég által fejlesztett I-DEAS összeolvastásából született meg. Jelenleg elérhető legfrissebb verzió az NX 8.5. (Hegedűs, 2010)

2.2.2.2. Az alkatrész elkészítése

Minden tervezőrendszer bemutatásakor törekszem a legegyszerűbb megoldás bemutatására, hogy felfedjem a használatuk során felmerülő funkcionalitásból eredő különbségeket.

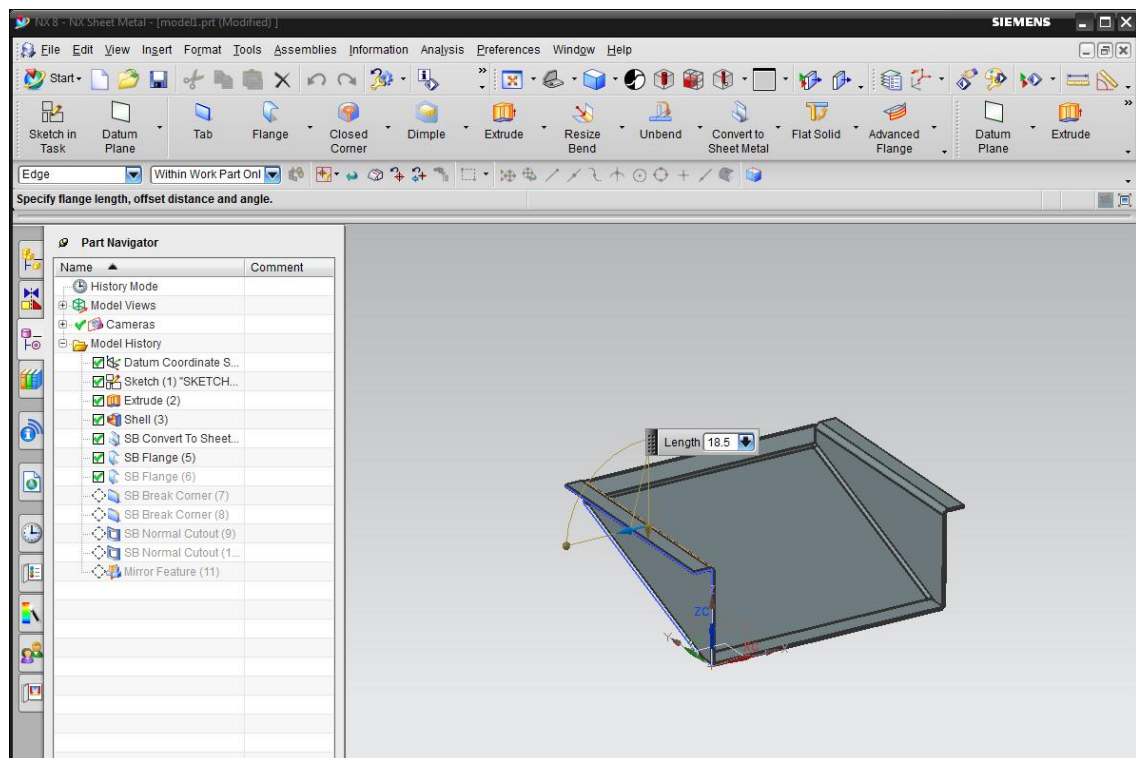
Noha az alkatrész lemezalkatrész, az NX nyitóoldalán mégsem az NX Sheet Metal sablont kell kiválasztani, hanem a normál Model opciót; ennek a későbbiekben lesz jelentősége. Már a SolidWorks használatakor is látszott, mennyivel könnyebb, ha nem egy adott lemezt hajtunk-formázunk lépésenként, hanem azokat egy testből egy lemezzé alakító művelettel hozzuk létre.

Az Extrude parancsot, majd a vázlatunk síkjául szolgáló alapot kiválasztva a vázlat szerkesztőben megrajzoljuk a légdoboz testének a profilját- éppen úgy, mint a SolidWorksben. Amint elkészül, a Finish Sketch-re kattintva kéri a növesztés irányát, mértékét: induló és befejező értékek különbsége 236mm kell legyen.

A tömör test alakja megegyezik a légdobozéval, ezt kell lemezalkatrésszé alakítani. Abban az esetben, ha ezt a SolidWorksből ismert módon, egy lépésben az Insert/Convert/Convert to Sheet Metal paranccsal próbáljuk átalakítani az NX nem hajtja végre, ugyanis az NX-ben nem lehet megadni lemezvastagságot, az alkatrésznek már eleve üregesnek, lemezből előállíthatónak kell lennie. Üreges testet a Shell ikonra klikkelve hozhatunk létre, ahol a Remove faces, then Shell opciót kiválasztjuk, majd az eltávolítandó felületeket kijelöljük. Vastagságként 2 mm-t adok meg, iránya pedig a méretezésnek megfelelően befelé mutat, erre kell megtartani az anyagot.

Ezt követően már nincs akadálya a lemezalkatrésszé alakításnak. Az alkatrész alapjául azt a legnagyobb síkot választjuk, majd ami nagyon fontos, a hajlított oldalak hajlítási éleit is ki kell jelölni, de a hajlításhoz szükséges egyéb paramétereket, mint például a K-faktort nem kéri a szoftver.

Ezt követően már átválthatunk a Sheet Metal módba a képernyő bal felső található NX logóra kattintva: így lesznek elérhetőek a további alakításokhoz szükséges funkciók.



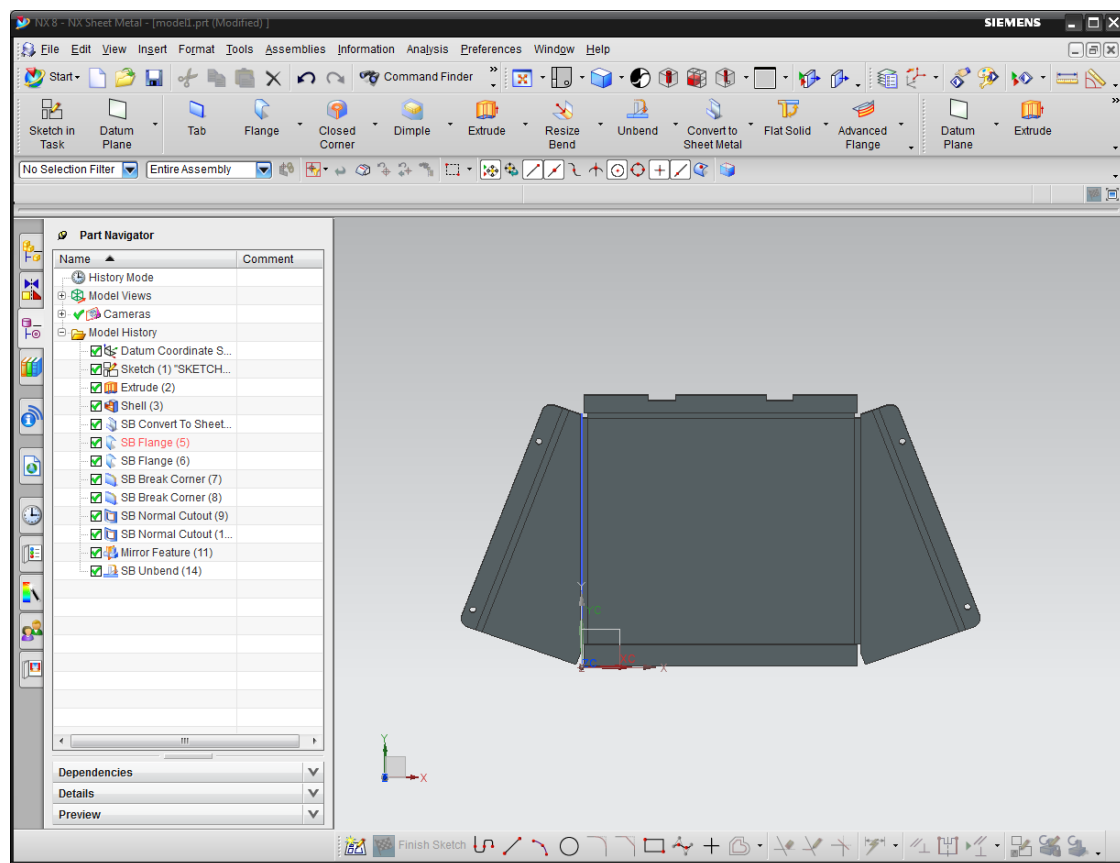
20. ábra A félkész alkatrész az NX-ben

A két hiányzó, a felfogatáshoz szükséges kétoldali hajlítást az immáron elérhető Flange paranccsal hozzuk létre. Ki kell választani az egyik oldalon lévő külső élt, majd megadni a megfelelő paramétereket. A szélesség teljes élhossza 18.5 mm legyen, amely hossz a hajlítás utáni méret, így a Length Reference Inside, valamint az Inset Material Inside, így a hajlítás felső síkja egybe fog esni a doboz hátsó élének felső síkjával. A Bend Parameters-nél beállíthatjuk a hajlítás ívét mm-ben, valamint a semleges réteg anyagon belüli pozícióját is.

A sarkokat le kell kerekíteni a Break Corner paranccsal: a lekerekítendő éleket kijelölöm, a Method legyen Bend, hiszen lekerekítünk, rádiusznak pedig 8 mm-t adok meg. Ezt, illetve az előző lépést mindkét oldalon meg kell ismételni.

A négy furat kivágása az Extrude mellett lenyíló Normal Cutout-ból érhető el. A művelet megegyezik a SolidWorksben leírtakkal: a rajzolás síkja a kivágandó felületek alsó vagy felső síkjával, majd a 4 darab 5.5 mm átmérőjű furatot elhelyezzük rajz szerint, mélysége pedig legyen Until Next, így a lemezt teljes vastagságában átvágja.

Az utolsó lépésként a hátsó panelen lévő két kivágást kell elkészítenünk, amelyet az előző lépésben leírt módon kell elvégezni, azzal a különbséggel, hogy a vázlatú itt a hátsó oldal egyik oldala legyen.



21. ábra A teríték NX-ben

2.2.3. A Solid Edge ST4

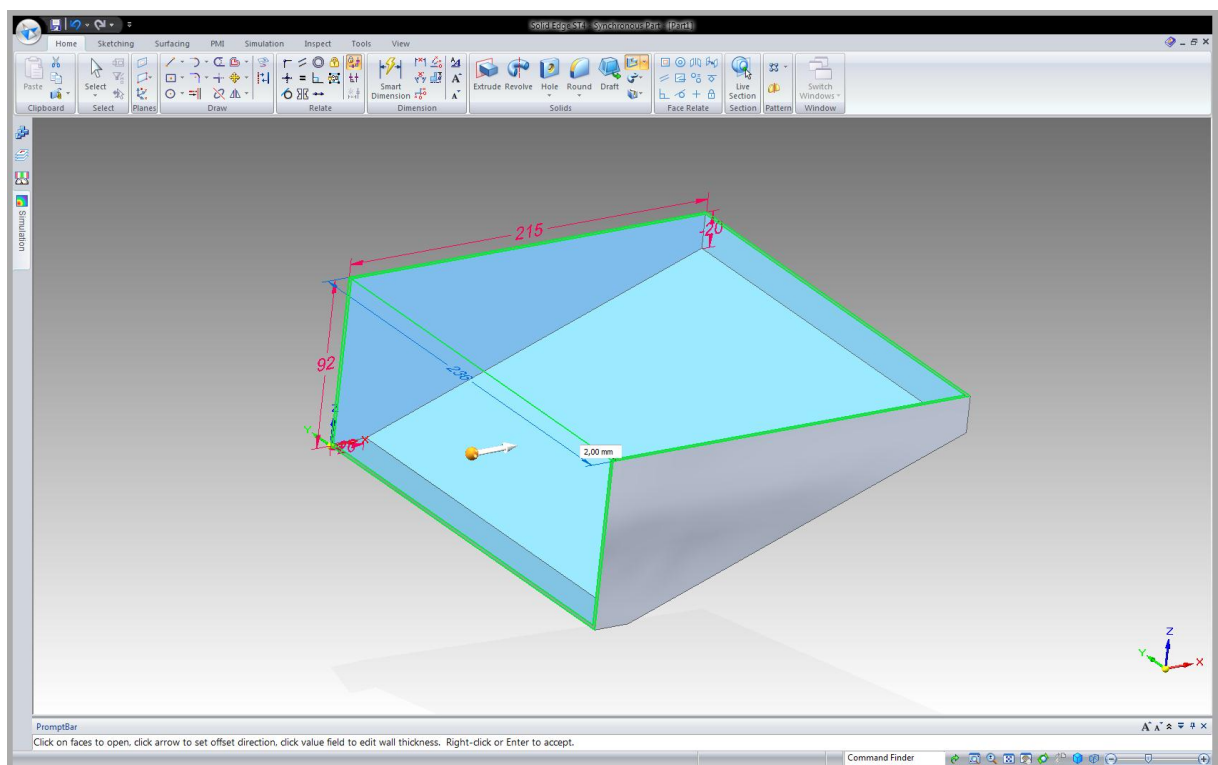
2.2.3.1. Története

A Solid Edge első verzióját 1995-ben adták ki, majd 1997-ben egészült ki a lemezalkatrész modullal. 2008-ban megjelent a szoftverben a Szinkronmodellezési technológia, amely modelltörténet nélküli, alakelemeken alapuló, parametrikus modellezést tesz lehetővé. A parametrikus, alakelem típusú modellezés modelltörténet nélküli tervezést valósít meg, és a technológiának köszönhetően a beimportált modelleket analízis után úgy szerkeszthetjük, mintha Solid Edge-ben készítették volna. (Hegedűs, 2010)

2.2.3.2. Az alkatrész elkészítése

A Solid Edge ST4 esetében is azt a metódust követem, amelyet korábban is alkalmaztam, ezért a lépéseknél a program sajátosságait emelem ki, a méretezést nem részletezem.

A légdoboz egy hagyományos elemként készül el, melyet később alakítok lemezalkatrésszé. Rögtön szembetűnő különbség, hogy a Solid Edge vázlsrukesztésébe nem lehet be- és kilépni, az gyakorlatilag, mint funkció bármikor elérhető. Első lépésként nem vázlsrukesztésbe való belépést kell keresni, hanem rögtön a rajzoló ikonokat használva kell kiválasztani a rajzolás síkját, majd kezdődhet a szerkesztés. A beméretezett vázlatot a Select ikon kiválasztása után tudjuk átalakítani testté, vagy készíthetünk belőle kivágást; külön parancs megadható, de nem szükséges. A program hasznos tulajdonsága, hogy számos funkció a Select paranccsal közvetlenül elérhető a szerkeszteni kívánt elemre kattintva.

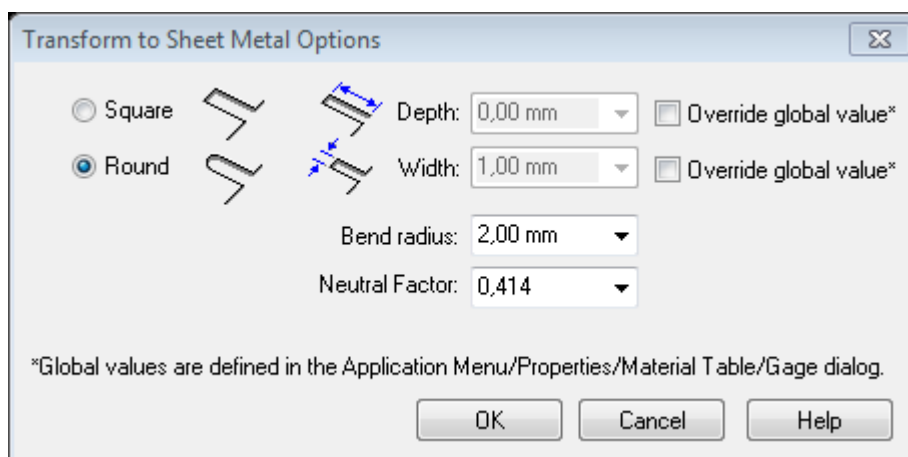


22. ábra SolidEdge: A lemezalkatrésszé való átalakítás közben

Csak úgy, mint az NX-ben, először lemez-szerű alkatrésszé kell alakítani a testet, azért hogy át tudjuk konvertálni lemezalkatrésszé. Ezt a Thin wall ikont

kiválasztva tehetjük meg, majd kattintással az eltávolítandó felületekre kialakítom a kívánt testet.

A bal felső sarokban található Alkalmazás gomb alatt érhető el a Transform to Synchronous Sheet Metal parancs, működése az NX-hez hasonló: az alkatrész bázisául szolgáló sík, valamint az elvágandó élek kiválasztása után a beállítások alatt kell megadni a hajlítások paramétereit (sarokkicsípés alakját (szögletes vagy ívelt, méretét, hajlítás rádiuszát, és a K-faktor-t).

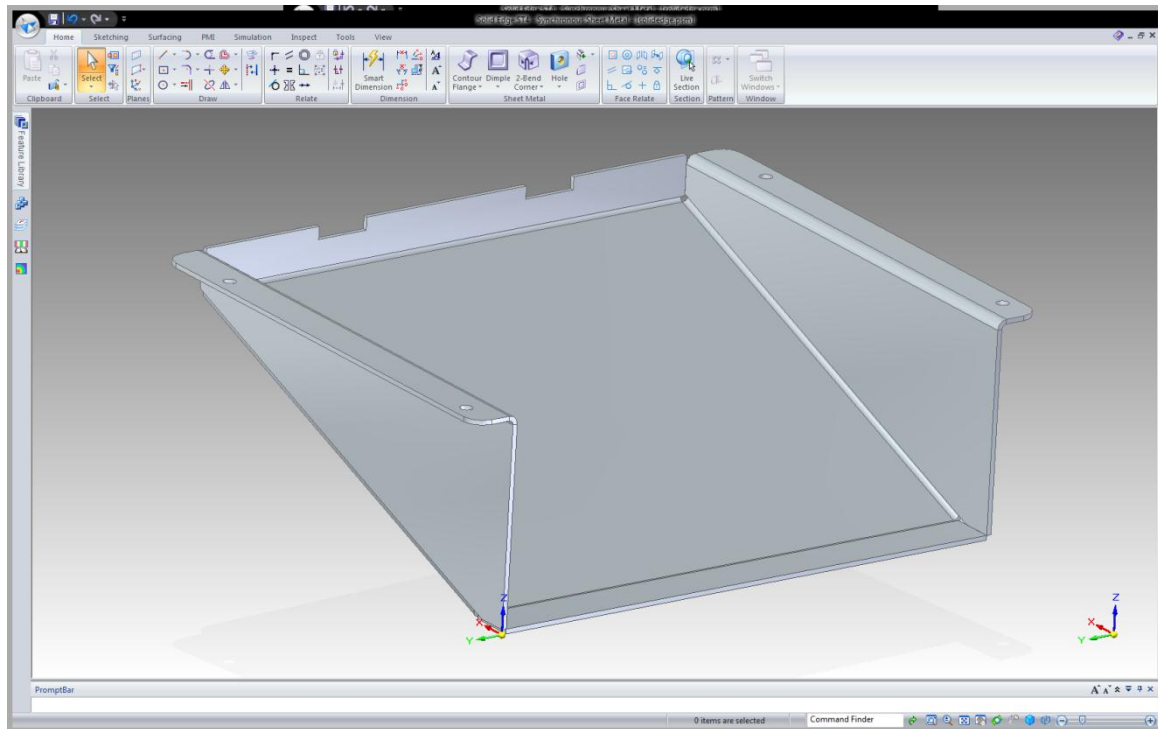


23. ábra A lemezalkatrészé való átalakítás beállításai

A Solid Edge nagyon könnyen használható funkciói közé tartozik az élhajlítás is. Elég az élre kattintani, majd a megjelenő nyilak közül a megfelelő irányba mutató nyilat megragadva lehet a hajlított élet kinöveszteni. Az ilyenkor megszokott funkciók (mérési pont helye, hajlítás szöge) itt is elérhetőek, valamint hajlításonként felül is írhatjuk a korábban az alkatrészre vonatkozó globális beállításokat (sarokkicsípés paramétereit, K-faktort). Jelen alkatrész esetében is a többi tervezőrendszerben bemutatott sorrendben kell elvégezni az élhajlításokat.

A felfogatáshoz szükséges furatok elkészítését ellenben a korábbiaktól elérő módon kell megtenni. Először el kell készíteni a furatok vázlatait, eddig nincsen különbség a korábbiakhoz képest. A Cut parancsot kiválasztva azonban nem a vázlatokat kell kijelölni, hanem az általuk létrehozott területeket, a vázlatban szereplő furatok helyét jelölő körök belső területét, nem pedig a vázlatban szereplő vonalakat. Utolsó lépésként a Break Corner parancs segítségével, miután

kiválasztottuk a lekerekítést, beállítottuk annak 8 mm-es rádiuszát, a sarok élekre kattintva elkészül a négy darab lekerekítés az utolsónak hajlított fülek sarkain.



24. ábra Solid Edge: a kész termék

A teríték megtekintésére sajnos nincsen lehetőségünk, ellenben terítéket készíteni lehet az Alkalmazás gomb alatt a Save as, majd Save as flat menüpontot kiválasztva menthetjük a terítéket különböző formátumokban.

3. ÖSSZEFOGLALÁS

A mérnökök munkájának megkönnyítése, hatékonyabbá tételének érdekében kezdték el fejleszteni az 1960-as évektől kezdve a tervezőrendszereket. Az, hogy ezek az alkalmazások fokozatosan váltották ki a papír alapú tervezést, és napjainkra már elvárás lett a tervezés során a mérnöki tervezőrendszerek használata. A Fireplace Kft-nél jól nyomon követhetők ezek a generációs lépések, melyet a cég beruházásai révén követ: első terveik papíron készültek, majd hosszú éveken át AutoCAD-ben rajzolták a kandallókályhákat, az elmúlt években pedig az AutoCAD-del párhuzamosan bevetésre került a SolidWorks, és mára az új termékeket 3D-ben tervezik meg.

A hagyományos tervezés és a számítógép segítségével történő tervezés között számos előnyt találhatunk a CAD/CAM szoftverek javára. Sok többtinformációt tartalmaznak ezek a tervek (rétegek, színek), a 3D megjelenítés pedig pótolja a tervező térlátását, kiküszöbölve az ebből adódó esetleges hibákat, összességében pedig csökkenti a tervezési időt, amelynek hatékonyságnövelő hatása van.

Az AutoCAD az összekötő kapocs a hagyományos tervezés és a modern 3D-s szoftverek között, éppen akkora a generációs különbségből adódó lemaradása az új generációs programokhoz képest, mint amekkora előnye volt a papír alapú tervezés után megérkező AutoCAD-nek.

A vizsgált tervezőrendszerek mindannyian megfelelnek a velük szemben állított követelményeknek, különbséget kezelhetőségükben, testreszabhatóságukban találhatunk. Mind a három program képes kezelni közös formátumokat, be tudnak olvasni .dxf formátumú AutoCAD rajzokat, így az átjárhatóság a szoftverek között fenn áll. Ezen tulajdonságát tekintve a Solid Edge kitűnik a többi közül: noha a többi is tartalmaz alakzatot felismerő funkciót, amellyel más programban készített modelleket is szerkeszthetünk, a Solid Edge modelltörténet nélküli parametrikus működésének köszönhetően tényleg úgy szerkeszthetünk importált modelleket, mintha abban készültek volna.

A Unigraphics NX 8 felhasználói felülete a másik két szoftverhez képest kevésbé „felhasználóbarát”, azok könnyebben áttekinthetők a SolidWorks minden ikonja mellett szerepel azok szöveges megnevezése segítve azok között a könnyebb eligazodást.

Lemezalkatrész tervezését tekintve a Solid Edge a használhatóságával tűnik ki, gyorsan - bonyolult, többlépcsős parancsokat nélkülözve – lehet benne dolgozni, de ebben sajnos nem lehet a modellt terítékké hajtani. A SolidWorks és az NX ellenben akár a hajlításokat egyesével is engedi visszahajtani, így a kivitelezhetőség akár lépésenként ellenőrizhető. Teríték készítése a modellből a lézervágó által használt .dxf formátumba természetesen minden program által elérhető.

Felhasználói támogatás tekintetében az NX és a SolidWorks beépített tréningek segítségével ismerteti meg a felhasználójával a funkcióit, melyek elsajátítását kétszintű nemzetközileg nyilvántartott vizsgán lehet bizonyítani. Mivel nagyon sok felhasználóval büszkélkedhetnek a programok, fórumokon, közösségi oldalakon könnyen találhatunk segítséget.ⁱ

Árak tekintetében egy számítógépre szóló licence vásárlása esetén a SolidWorks a moduljai számától függően 800 eFt-tól egészen 1.500 eFt-ig terjed az árlista. A Solid Edge ST4 ára valamivel több, mint 1.000 eFt-ba kerül, amíg az NX legalább 5.000 eFt-ba kerül.

Lemezalakítás tervezésére mind a három szoftver egyaránt kiválóan megfelel, ezért talán a piaci árak ami döntő lehet egy beruházás tekintetében, ez alapján pedig a két olcsóbb szoftver bizonyul jobb választásnak.

Köszönetnyilvánítás

„A dolgozat a TÁMOP-4.2.1.B-10/2/KONV-2010-0001 jelű projekt részeként – az Új Magyarország Fejlesztési Terv keretében – Az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg.”

IRODALOMJEGYZÉK

- Balogh Gábor, H. E. (2006). *Képlékenyalakító technológiák számítógépes tervezése (Szakmérnöki jegyzet)*. Miskolc.
- Dr. Gillemot László, D. Z. (1971). *Fémek képlékeny alakítása*. Budapest.
- Hegedűs, G. (2010). *CAD Technikák, előadásanyag*. Miskolc.
- Károly, D. S. (2000/2. szám). CNC vezérlésű termikus és vízsugaras vágóberendezések. *Hegesztéstechnika*.
- Madarász, I. (2009). *Lemezalkatrészek modellezése*.
- Miklós, G. G.-D.-D.-D. (2008). *Képlékeny hidegalakítás*. Tankönyvkiadó, Budapest.
- Pintér, J. (2011). *Különleges megmunkálási technológiák", Szikraforgácsolás, Lézersugaras megmunkálás előadás*. Széchenyi István Egyetem, GYŐR.
- Solidworks fórum*. (dátum nélk.). Letöltés dátuma: 2012. 10 28, forrás: <https://forum.solidworks.com/threads>