

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Anyag- és Gyártástudományi Intézet

SZAKDOLGOZAT

OE-BGK
2022.

Hallgató neve:
Hallgató törzskönyvi száma:

Schrödl Balázs
T-008697/FI12904/B



ÓBUDAI EGYETEM
ÓBUDA UNIVERSITY

Óbudai Egyetem
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Anyag- és Gyártástudományi Intézet

SZAKDOLGOZAT FELADATLAP

Hallgató neve: Schrödl Balázs

Szakedolgozat száma: SZD22053013329978

Törzskönyvi száma: T008697/FI12904/B

Neptun kódja: XXXXXXXXXX

Szak: gépészmérnöki

Specializáció: gépészmérnöki - CAD-CAM-CNC

A dolgozat címe: Mozgatható csőkemence tervezése

A dolgozat címe angolul: Design of a Moveable Tube Furnace

A feladat részletezése:

1. Adja meg a berendezés specifikációit!
2. Mutassa be a kemence tervezésének lépéseit, ezen belül a szerkezeti elemek és villamos egységek méretezését, illetve a vezérlés megvalósítását!
3. Mutassa be az egyes elemek gyártási- és a kemence összeállítási folyamatát!
4. Készítsen gazdasági elemzést a berendezés gyártásáról!

Intézményi konzulens neve: Varga Péter

Külső konzulens neve: Antal Péter, ügyvezető

Munkahelye: Antal Kft., 1211 Bp., Központi út 24-26.

A kiadott téma elévülési határideje: 2024. 05. 15.

Beadási határidő: 2022. 12. 15.

A szakdolgozat: Nem titkos.

Kiadva: Budapest, 2022. 10. 21.



Intézetigazgató

A dolgozatot beadásra alkalmasnak találtam.

belső konzulens

külső konzulens
ANTAL KFT.
H-1211 Budapest
XXI. Központi út 24-26.
Adószám: 10034499-2-43

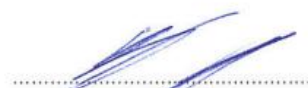
V/6.sz.melléklet

ÓBUDAI EGYETEM
Bánki Donát Gépész és Biztonságtechnikai Mérnöki Kar
Anyag- és Gyártástudományi Intézet

HALLGATÓI NYILATKOZAT

Alulírott hallgató kijelentem, hogy a szakdolgozat/diplomamunka saját munkám eredménye, a felhasznált szakirodalmat és eszközöket azonosíthatóan közöltem. Az elkészült szakdolgozatban/diplomamunkában található eredményeket az egyetem és a feladatot kiíró intézmény saját céljára térítés nélkül felhasználhatja, a titkosításra vonatkozó esetleges megkötések mellett.

Budapest, 20...22.12.13.....


.....
hallgató aláírása

TARTALOMJEGYZÉK

1. Bevezetés.....	5
2. Kemence tervezésének lépései, és ezek rövid jellemzése	7
3. A csőkemence felépítése	15
4. A kemence felépítése.....	18
5. A fűtőbetét.....	27
6. A hőszigetelés kialakítása	36
7. A kvarcüvegcső	37
8. Felhasznált anyagok	42
9. Villamos vezérlőszekrény	47
10. Átadás – átvétel	48
11. Költségszámítás.....	49
Összefoglalás.....	50
Abstract	52

1. BEVEZETÉS

Szakedolgozatom témája, a *”Mozgatható csőkemence tervezése”*, melyben szeretném bemutatni egy DENNSTEDT kemence működésének elvét, a tervezés és a megvalósítás lépéseit illetve ezen folyamatok nehézségeit, az erre adott válaszokat. A tervezés folyamata során sarkallatos kérdés, hogy a vizsgáló berendezés speciális funkciókat kell, hogy ellásson. Ezt mind a tervezés, mind a megvalósítás során maximálisan figyelembe kell venni, a folyamat mérföldköveinél ellenőrzéseket kell végezni. Dolgozatomban fontos leírni a berendezés által végzett vizsgálatokat, mivel a kemencének ezen követelményeknek meg kell felelnie. Rátérnék a berendezés legyártásához szükséges anyagok, számológépek és folyamatok ismertetésére. Kitérnék a berendezésben elhelyezésre kerülő kvarcüvegcső összetételére, tulajdonságaira, és rögzítésének nehézségeire, végül a rögzítéshez kidolgozott eszközt írnám le, valamint ennek esetleges hibalehetőségeit, és ennek kiküszöbölését fejteném ki.

1.1. A berendezés célja

A kemence felhasználható magas hőmérsékletű laboratóriumi anyagvizsgálatokhoz, ahol előírás a pontos hőmérséklet, valamint a vizsgálat elvégzése különböző hőmérsékleten rövid időintervallumon belül történik.

„Az égetőberendezés két, vezetősínen mozgatható, elektromos fűtésű csőkemencéből áll. Az egyik kemence a vizsgálat során rögzített helyzetű (továbbiakban álló kemence), a másik a vizsgálat alatt mozdítható (a továbbiakban mozgó kemence). Az álló kemence kb 350 mm hosszú, egy hosszabb (kb 800 °C-ra fűthető) és egy rövidebb (kb 300 °C-ra fűthető) részből áll.

Égetőcső, kvarc, 1000-1100 mm hosszú, 19 ± 2 mm belső átmérőjű, kb 2 mm falvastagságú egyik végén 30 mm hosszban 3-5 mm átmérőjűre szűkített [10].

Tartóállványok és fogók az elnyelőanyagokat tartalmazó edények (U csövek) felfüggesztésére.

Folyadékzár higannyal vagy vízzel töltött.

Gázmosópalackok, 100 cm³-esek.

U csövek, jól záró becsiszolt csapokkal. A csövek átmérője 15 mm, magassága 200 mm.”

/MSZ 24000/11-1988/

Esetünkben, a felhasználó szenek laboratóriumi vizsgálatához rendelte a kemencét. A laboratóriumi vizsgálat meghatározott szabvány alapján történik – MSZ 24000/11-1988: Szenek laboratóriumi vizsgálata a széntartalmak és a hidrogéntartalom meghatározása. A szabvány előírása szerint a vizsgáló berendezés 2 db csőkemencéből áll, melyből az egyik az úgy nevezett álló kemence (a laboratóriumi vizsgálat alatt rögzített) a másik egy mozgó kemence. Az álló kemence 2 fűtési zónából áll: a hosszabb zóna 800 °C-ra a rövidebb zóna 300 °C-ra kell, hogy felfűthető legyen. Itt a két zóna két külön csőkemencével kerül kialakításra.

A vizsgálat során a hőmérséklet homogenitása és egyenletessége fontos tényező. Ez egy két oldalon nyitott csőkemencében meglehetősen nehéz megvalósítani. Ennek megvalósítását segíti a végén leszűkített kvarcüveg betétcső.

2. KEMENCE TERVEZÉSÉNEK LÉPÉSEI, ÉS EZEK RÖVID JEL- LEMZÉSE

- Vevői igények feltérképezése, az esetleges bizonytalanságok átbeszélése.
- Kockázat-, és veszélyelemzés
- A berendezés részegységeinek specifikációja
- Lehetséges folyamatszabályozási módok
- A berendezés működtetésének módja
- A kivitelezés módjának és lépéseinek megtervezése
- A felhasználandó anyagok kiírása
- Műszaki rajzok elkészítése - az acélszerkezet leszabásához szükséges teríték elkészítése

2.1 Kockázat- és veszélyelemzés

FMEA elemzés elkészítése a gyártási folyamat figyelembevételével

Elem	Feladat	Hiba lehetőség	Hiba hatása	Javítási intézkedés
Kemence fegyverzete, acél elemek	Mechanikai tartás, esztétikus megjelenés biztosítása	Pontatlan illeszkedés, fűtés hatására elhajlás, nem azonos méretű hézagok az illeszkedő elemek között	Nem esztétikus megjelenés	A szerkezet átalakítása, súlyos hiba esetén szétvágás, és újbóli összehegesztés, a nem megfelelő méretű alkatrész újra gyártása
Hőszigetelés	A fűtőbetét (azon belül a fűtőszál) által termelt hő benntartása, a kemence fegyverzetétől, illetve a környezettől való elszigetelése, védve a külső felületeket a melegegedéstől, valamint csökkentve a berendezés energiaigényét	Nem felel meg a funkciójának, ez lehet a nem megfelelő anyag választása miatt vagy a szigetelés túlzott vékonysága miatt is	Nagy a hőátbocsátás, ezáltal a berendezés külső felülete melegszik, amely miatt az érintés és tűzvédelmi követelményeknek nem tud eleget tenni, valamint túlzott hőleadás esetén a tervezett fűtőteltjesítménnyel a berendezés nem lesz képes elérni a célhőmérsékletet, ugyanakkor a túlzottan vastag szigetelés esetén nagyon lassan fogja csak elérni az egyensúlyi állapotot a célhőmérsékleten	A rossz anyagválasztás esetén a komplett szigetelés anyagának a cseréje, míg túlságosan vékony szigetelés esetén a szigetelés megvastagítása, mely a vasszerkezet átalakítását is magával szokta vinni, míg túlságosan vastag szigetelőréteg esetén további lemez belső rögzítésével egy üres teret hozhatunk létre a kemence külső vasszerkezete alatt, melyet a levegő kitölt, ezáltal gyorsítva a hűlést.

Kerámia alkatrészek	Fűtőszál, illetve fűtőspirál mechanikai rögzítése, illetve az esetleges külső behatásoktól való védelme	Pontatlan illeszkedés, esetlegesen a gyártás, illetve égetés során elkövetett hibákból adódó deformáció, egyenlőtlen falvastagság, esetlegesen lyukak a falak vékonyodásánál	használat során repedések keletkezhetnek, illetve esetlegesen eltörhetnek, valamint a deformációk miatt nem illeszkedik akár a vasszerkezetbe, akár nem lehet pontosan beleilleszteni a kvarcüvegcsövet, legrosszabb esetben az üvegcső a behelyezéskor eltörhet	A nem megfelelő kerámia komponensek újra gyártása, az esetleges illeszkedési hibák csiszolással való orvoslása
Fűtőspirál	A villamosenergia hőenergiává való alakítása, ezzel biztosítva a kemence üzemi hőmérsékletének elérését	rossz méretezés, nem megfelelő tekercselés általi szakadás	nem éri el a célhőmérsékletet, hamar eloxidálódik, ami miatt elszakad, ami pedig a fűtés hiányát eredményezi, ezáltal a berendezés üzemképtelen lesz	A tekercselés, illetve kivezetés készítés során történő szakadás esetén a fűtőspirált újra kell gyártani, míg az alul méretezés miatti korai elégés során a spirált az azt tartó kerámiával együtt kell cserélni, mivel a felületen a régi spirál elégéséből visszamaradt anyagok az új spirál élettartamát rövidítik

Kvarcüveg cső	A fűtőbetétek, illetve az egész kemence kémiai, és fizikai védelme a kísérlet során létrejövő vegyületek, és egyéb anyagok okozta károktól	A hőtágulás miatt megfeszül, a nem megfelelő rögzítésből kicsúszik, a deformált kerámia kárt tehet benne	A cső a hőtágulás miatti megfeszüléstől elrepedhet, illetve a repedések, és a nagy belső feszültség hatására eltörhet, míg a nem megfelelő rögzítés esetén a kicsúszás miatt leeshet, mely szintén törést eredményez, míg a deformált kerámia összekarcolhatja, illetve túlzott feszültség esetén itt is fennáll a törés lehetősége	Megfelelő befogókészülék tervezése, illetve annak pontos gyártása, valamint az összeszerelés esetén érdemes az üvegcsövet egy nagyobb ellenállóságú anyaggal helyettesíteni, mely általában acélcső szokott lenni
------------------	--	--	---	---

Csőtartó szerkezet	A kvarcüvegcső rögzítése, esetleges mozgásainak meggátolása, valamint pozícionálása, hogy minden esetben a kemence és az üvegcső axiális irányban koncentrikus legyen	Nem teljesen kör alakú ki-munkálás a cső rögzítéséhez szükséges furatok rossz pozícionálása	A nem teljesen kör keresztmetszetű befogás kárt tehet az üvegcsőben, szélsőséges esetben töréshez vezethet, valamint a vázhoz való nem megfelelő rögzítés esetén a cső középpontossága nem garantált	A nem teljesen kör keresztmetszetű ki-munkálás esetén további anyagok elvétele, finom megmunkálással, amíg el nem érjük a kívánt profilt. vagy amennyiben ez nem javít a helyzeten, úgy végső esetben a teljes darab újra gyártása, míg a nem helyzetpontos furatok esetén, ha megoldható, akkor egy köz-benső lappal a furatokat helyre kell igazítani, vagy amennyiben ezt nem lehet, akkor ugyancsak a darab újra gyártása
--------------------	---	---	--	---

Mozgatás	A 3 darab különálló kemence egymástól független mozgatása, a tengelyirányban való elmozdulás biztosítása, a többi irányba való elmozdulás kiküszöbölése	A vezetősín rossz rögzítése, nem megfelelő méretű sín választása, túlzottan rövid, avagy hosszú mozgató választása	A nem megfelelő pozicionálás hatására az üvegcsőhöz képes tengelyirányon kívül is elmozdulhat, melysórán akár hozzá is nyomódhat a kvarcüvegcsőhöz, ezáltal annak törését idézheti elő. Amennyiben a mozgatóhoz nem megfelelő méretű, vagy anyagú komponenseket választunk, úgy akár a sín teher alatti kihajlása miatt túlzottan nagy súly nyomhatja az üvegcsövet, mely emiatt egyfelől nem lesz középpontban, illetve fennáll annak a veszélye, hogy az üvegcső eltörik. A túlzottan hosszú sín alapvetően csak felesleges, illetve amennyiben jelentősen túllóg a berendezésen, úgy balesetveszélyt okoz, míg hogyha túlságosan rövid, akkor nem tudja a teljes kívánt mozgástartományon való mozgatót garantálni.	Rossz rögzítés esetén a sínek szétszerelése, majd újbóli összerakása, esetlegesen a hibás furatok újra fúrásával, vagy nagyobb csavarhoz, vagy illesztőhöz való bővítésével. Az esetlegesen alulméretezett sínek nagyobbra való cseréje, a túlságosan rövid síndaraboknál azok cseréje, míg a túllontúl hosszúak esetében levágunk belőle a kívánt méretre
----------	---	--	--	--

Villamos kapcsolószekrény	A kemencék vezérlése, villamos árammal való ellátása, esetleges hiba esetén (például a hőérzékelő meghibásodása) azonnali vészleállítás, ezzel megóvva a fűtőbetétet az esetleges túlfűtéstől, pillanatnyi hőmérséklet kijelzése, túláram elleni védelem.	Pontatlan vezérlés, túlfűtés, vagy alulfűtés, nincs leállítás, illetve belső komponensek meghibásodása, túláram esetén a biztosíték nem old le.	Pontatlan vezérlés esetén a kísérlet fals információt mutathat, túlfűtés esetén, illetve a hőérzékelő elem meghibásodása esetén a berendezés fűtőegysége túlterhelődhet, mely annak kiegészéséhez vezet, míg alulfűtés esetében ugyan csak a kísérlet értelmét veszti. A biztosíték meghibásodása, vagy javítás során nem megfelelő darabbal való pótlása esetén a túláram miatt károsodhat a vezérlőegység, melyben legtöbbször a programszabályzó sérül, illetve magában a fűtőegységben is kárt tehet	Nem megfelelő méretezés esetén a hibás komponensek cseréje, illetve rendszeres ellenőrzés
---------------------------	---	---	--	---

Állvány	Berendezés tartása, stabil platform biztosítása a kemencék, vezetősínek, illetve a kvarcüvegcső rögzítésének	Alulméretezés, hibás összeállítás, gyártási pontatlanságok, nem egységes kinézet	Alulméretezés esetén a szerkezet a rajta lévő vizsgálóberendezés súlya alatt elhajolhat, illetve eltörhet, ezzel elvesztve a stabil tartás képességét, a gyártási pontatlanságok a szerkezetet gyengítik, illetve optikailag rontják az állvány egységességét, míg a nem egységes kinézet szintén esztétikai problémákat vet fel.	Alulméretezés esetén a teljes állvány újra gyártása lehet egy opció, illetve bizonyos esetben további hossz-, kereszt-, illetve sarokmegerősítések beépítése is szóba kerülhet, természetesen a biztonságosság megtartásával, míg a gyártási pontatlanságok esetében vagy az újra gyártás, vagy az állvány szétszedése, és újbóli összeállítása lehet megoldás. A nem egységes kinézetnél a teljes újra tervezés és gyártás szükséges.
---------	--	--	---	--

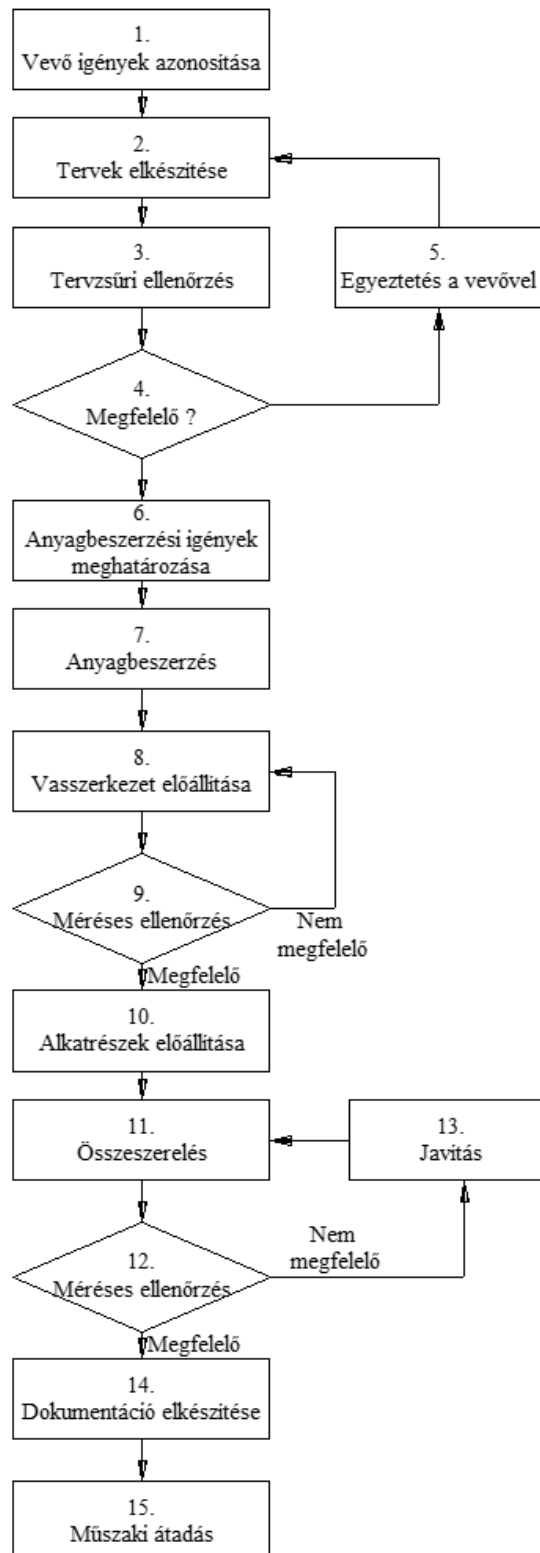
3. A CSŐKEMENCE FELÉPÍTÉSE

A kemence fűtőbetétje áll egy önhordó kerámia testből és az erre rátekert, előzetesen felspirálozott ellenálláshuzalból. Erre kerül a hőszigetelés, végül a kemence fegyverzete a külső mechanikai behatások ellen és a kemence formát is ez adja. A csőkemence fegyverzete esetünkben a könnyebb gyárthatóság és a hőterjedés miatt hatszög alapú.

Csőkemencék kivitelezésénél a hőelem elhelyezése a pontos mérés és hőeloszlás miatt fontos. Célszerű a tér középpontjában elhelyezni, de ez jelen esetben a kvarcüvegbetétcső miatt nem lehetséges.

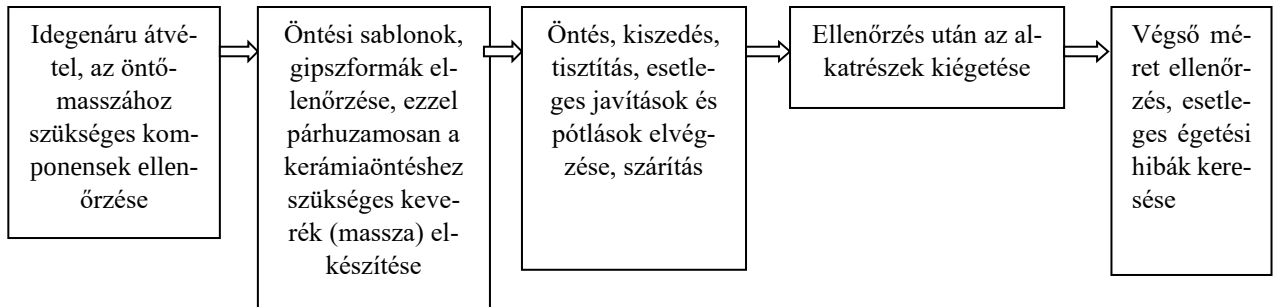
A kemence burkolatán ki kell alakítani az ún. kapocsteret, melynek elhelyezkedése nem akadályozhatja a mérések elvégzését.

3.1 A megvalósítás lépései



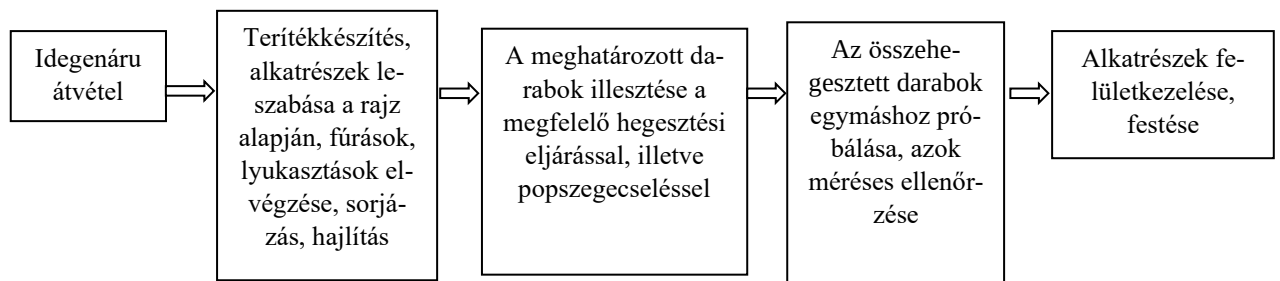
1.ábra: A tervezés folyamatábrája

Mivel az alkatrészek előállításánál a leghosszabb időt a kerámia alkatrészek legyártása igényli, illetve ezen komponensek határozzák meg a szigetelés adott vastagságával a vasszerkezet, valamint a berendezést tartó állvány méretezését, ezért a gyártási folyamatot ezzel a lépéssel érdemes indítani.



2.ábra: A kerámia alkatrészek gyártásának folyamatábrája

Második fázisként a vasszerkezet alkatrészeinek elkészítésének folyamatábráját kell meghatározni.

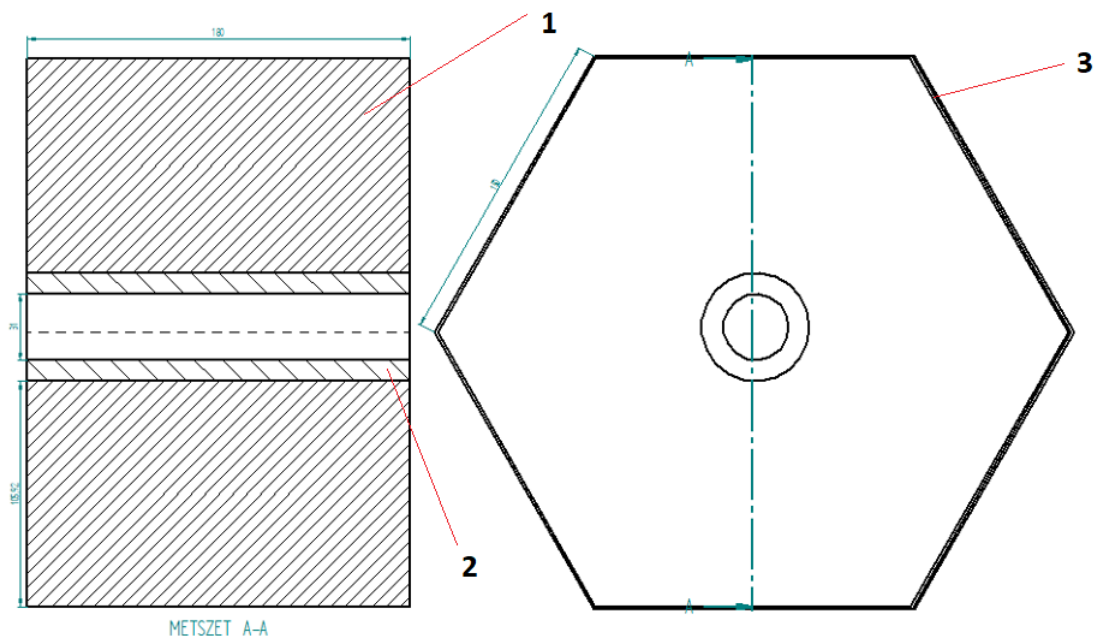


3.ábra: A kemence acél alkatrészeinek gyártási folyamatábrája

Ha a két folyamat során a kerámia és az acél alkatrészek elkészültek, megkezdődhet a fűtőspirál készítése az elvégzett számítások alapján, valamint ezzel párhuzamosan készül a villamos kapcsolószekrény bekötése, valamint a szerkezetet tartó állvány is.

4. A KEMENCE FELÉPÍTÉSE

A berendezés 2 db, vezetősínen mozgatható elektromos fűtésű csőkemencéből áll. Ezek belsejében helyezkedik el egy 1000 mm hosszú, 21 mm belső átmérőjű egyik végén 30 mm hosszban 3-5 mm átmérőjűre szűkített kvarcüveg cső, mely segíti az ellenálláshuzal (KANTHAL A-1 spirál) által előállított hőt homogenizálni, valamint kémiai, és fizikai védelmet nyújt a fűtőbetétnek (a kerámia testnek és a felspirálozott ellenálláshuzalnak), valamint annak közvetlen környezetének az olvadéktól, illetve a felszabaduló gőzöktől és gázoktól. A kvarcüvegcső külső átmérője 25 mm, melyre oldalanként 3-3mm légrés ráhagyása szükséges, tehát a kemence betét 1-1 szakaszának belső átmérője 31mm. A kemence fűtőbetétjének hosszát szintén a vizsgálati szabvány írja elő. Az álló kemence kettő részből áll, az egyik egy rövidebb 300 °C-ra fűthető, míg a másik kemencerész egy hosszabb 800 °C-ra fűthető szakaszból áll, és ezen két kemenceszakasz nagyjából 350 mm hosszú. A mozgó kemence 800 °C-ra fűthető és körülbelül 180 mm hosszú. A mozgó kemence elvi vázlatát a 4. ábrán mutatom, részei 1- hőszigetelés, 2-kerámia cső, rácscélve a KANTHAL fűtőspirál, 3- kemence formaadó fegyverzete, méretre vágott, hajlított, és hegesztett acéllemezről.



4.ábra: A kemence metszeti képe

Összesen 2 db ilyen fűtőegység/csőkemence lesz a kvarcüvegcsőre felfűzve, melyek egymástól függetlenül mozognak, egy alumínium profilon, kis görgős kocsik segítségével. Fontos szempont, hogy a fűtőegységet, mely egy kerámia fészekbe fűzött KANTHAL A-1 spirál, a lehető legjobban leszigeteljük, mind a hőátadás/vezetés/sugárzás ellen, mind elektromos szempontból, az érintésvédelmi szabályzatnak (MSZ 172-4:1978) megfelelően.

4.1. A hőszigetelés

A hőszigeteléshez kaolingyapotot használunk [2], [4], [5], mely az 1300°C-on is képes a hőszigetelést biztosítani, mivel hővezetése és hőkapacitása alacsony. Ezen anyag egy szálas szigetelő, mely üvegszálak segítségével idézi elő a hőesést. Fontos egészségügyi, és munkavédelmi szempont, hogy ezen anyag méretre vágását, tömését a vasszerkezet és a kerámia közé, de még a mozgatását is csak védőkesztyűben, és porvédő álarcban lehet végezni. Ugyanis az üvegszálak nem teljesen kötöttek egymáshoz, és az anyag mozgatása során ezek a levegőbe kerülhetnek, illetve a bőrünkre tapadhatnak, előbbi erős köhögést, utóbbi viszketést idéz elő. A villamos szigetelést a KANTHAL A-1 spirál kivezetéseinek kerámia szigetelőcsővel tudjuk a legegyszerűbben megoldani. Ezek belső átmérője a KANTHAL spirálhoz képest nagyjából háromszoros átmérőjűek, míg faluk 1-8 mm közötti vastagságú. Fontos, hogy a csövek külső átmérőjéhez képest pluszos lyukat vágjunk a vas vázon, legalább 2 mm-rel nagyobbat.

4.2. A kemence fegyverzete, és annak kialakítása

Ezen kerámia és kaolinyapot egység egy fémházban (a kemence fegyverzete) kap helyet, melynek két végén a fém jó hővezetőképességét, valamint a porfestés károsodását kiküszöbölendő kerámia gyűrűket helyezünk el. A fém héj elkészítése a megfelelő lemez kiválasztásával indul. Itt kétféle lehetőség közül választhatunk. Az első a rozsdamentes acéllemez, mely előnye, hogy nincs szükség porfestésre, illetve, hogy a festés hiányában (mely 250 °C felett elkezd megolvadni, ezáltal esztétikai gondokat okozva, valamint a korrózió védelem megszűnését eredményezi.) magasabb hőmérsékletű helyeken is alkalmazhatjuk. Emellett egyes megrendelők esztétikai megfontolásból is szoktak ilyet kérni a szerkezet alapanyagához. A másik opció a sima acéllemez, mely megmunkálás után színterezésen esik át. Ennek előnyei, hogy az alapanyag olcsóbb, rövidebb a szállítási idő általában, valamint sokkal könnyebb a megmunkálása, illetve gyártás során a felület nem annyira kényes. Jelen esetben a szerkezet bonyolultsága miatt, (hatszög alakú, ezzel sok vágás, hajlítás és hegesztés) a normál acéllemezből érdemesebb gyártani. Itt felmerülnek további kérdések, először is, hogy milyen vastagságú lemez szükséges. Amennyiben a lemez túlságosan vékony, úgy nem lesz megfelelő a szerkezet merevsége, ha túlzottan vastag, az egyfelől nehezíti a szerkezetet, emellett nehezíti a megmunkálást, valamint nyilván a vastagabb lemez drágább is, ami felesleges profitvesztést eredményez. Ugyanakkor láthatjuk, hogy a túlzottan vékony lemez nagyobb problémákat okoz. Jelen helyzetben a vastagság 1-1,2mm. A fentebb jellemzett dolgok miatt az 1,2 mm vastag lemezt választanám. Ekkor kezdődhet a tényleges gyártás, mely során először a terítékszámolást végezzük, azaz az elvi rajzok, skiccek és 3D modellek alapján kiszámoljuk, milyen területű lemezek szükségesek, és azokból hány darab. Amint ez megvan, kezdődhet a lemezek kiosztása az acéltáblára. A nyers tábláslemez méretei 1000*2000 mm. Erre kell elosztani a gyártandó lemezeket úgy, hogy minél kevesebb hulladék maradjon. Érdemes a nagyobb méretűekkel kezdeni, mert a leeső lemezekből még a kisebb darabok akár kivághatóak. Amint minden alkatrész lemezének vágásával megvagyunk, kezdődhet az aprólékos mérés, jelölés és pontozás művelete. Ebben a lépésben először felmérünk mindent, majd a megfelelő helyeken, ahol később fúrás, lyukasztás, kicsípés, vagy hajlítás lesz, esetleg egy másik alkatrész hegesztése, avagy ponthegeztése lesz, ott felpontozzuk egy pontozó és egy kalapács segítségével.

Amint ezzel a folyamattal megvagyunk, jön még egy ellenőrzés, ugyanis itt még a hibák korrigálhatóak. Amennyiben mindent rendben találtunk, és az illeszkedések is helyén vannak, akkor következhetnek a fúrások. Itt fontos, hogy a kisebb furatok elkészítésével kezdjük, és fokozatosan haladjunk a nagyobbak felé, hogy egy esetleges hibázás esetén a furatot csak bővíteni kelljen, mivel az sokkalta egyszerűbb, mint szűkíteni. Amint a furatokkal elkészültünk, kezdhetjük a lyukasztásokat. Itt a szabványosított komponensek (csatlakozók, biztosítékok, hűtő bordázatok, kapcsolók és standard méretű, gyakran használt furatok) elkészítéséhez szerencsére már rendelkezünk lyukasztószerszámmal, így ezen lyukasztások egy préseléssel létrehozhatóak. A kisebb erőigényű, és precízebb lyukakat golyósprésen, míg a nagyobbakat excenterprésen készítjük. Amint készen vagyunk az összes lyukasztással, jöhet a hajlításokhoz, és az összeszereléshez szükséges sarokkicsípések elvégzése. Ehhez 3 féle szerszám van. A derékszögű hajlításoknál (például műszerdoboz tetőjénél) egy 90°-os, a hatszögű részeknél (például kemence homloklemezének hajtásánál) egy 60°-os, valamint a peremes részeknél (például kapocstér oldala) egy 45°-os kicsípőszerszám. Ezek mindegyikénél fontos pontosan beállítani a csípés két oldalát, hogy se kisebbet, se nagyobbat ne vágjon ki. Amint az összes fúrással és csípéssel megvagyunk, akkor kezdhetjük a sorják eltüntetésé végett a lemezek csiszolását. Ezt egy sarokcsiszolóval, és egy durva, 40-es lamellás koronggal végezzük. Közben ügyelünk, hogy a hajlításhoz szükséges jelöléseket a csiszolás ne tüntesse el. Amint az összes sorját eltüntettük, kezdődhet a hajlítás folyamata. A kis darabszámú hajlításokat az élhajlítón szoktuk végezni, míg a nagyobb mennyiségű (20 darabnál több) megegyező hajlításokat a golyósprésen prizma segítségével. Mivel itt ekkora mennyiséget egyik hajlítás sem ad, így itt mindet az élhajlítón végezzük. Ez a gép egy régi kézi hajlító modernizált változata egy hidraulika hengerrel, mely a hajlítást végzi, valamint egy állítható végállással, melyet a kívánt értékre állítva a lemezt megfelelő szögben hajtja, ezáltal nagyban egyszerűsítve ezen munkafolyamatot, főleg vastagabb lemezeknél, ahol a hajlítás nagy erő kifejtést igényelt. A minél kevesebb állítás érdekében érdemes az azonos szögben hajlítandó lemezeket egymás után tenni a gépben, ezzel munkát és időt spórolva. Amint a hajlítások készen vannak, érdemes fogókkal összeilleszteni, hogy a méreteket, és az illeszkedéseket ellenőrizhessük, mert ezek korrigálása hegesztés után már nehezebb.

Amennyiben minden stimmel, akkor kezdődhet a hegesztés. Lemezek esetén 2 féle módszer szoktunk alkalmazni, az argon védőgázos ívhegesztési eljárást (TIG), illetve a huzalelektrodás aktív védőgázos ívhegesztési eljárást (MIG). Amikor lehetséges a lemezt anyagában hegeszteni, akkor az TIG-et használjuk, ez rendszerint, ahol él találkozik éllel (például a hatszög belső hajtott élének egymáshoz hegesztése), míg amikor lemezt kell élre hegeszteni (például kapocsteret a hatszöghöz), akkor alkalmazzuk a MIG-et. Amennyiben lemezt lemezre hegesztünk, ott kevésbé hozzáférhető helyeken a MIG-et használjuk, míg ahova befér, ott egyszerűsége miatt ponthegesztést is alkalmazhatunk (például kapcsolószekrény tetejére a rögzítőlemezek). Amint a hegesztési művelet készen van, akkor a varratokat simára csiszoljuk lamellás-, illetve köszörűkoronggal. A lakatos munka része még a kemence borításán és a kapcsolódoboz elkészítésén kívül az állvány készítése a berendezés alá. Ennek egyfelől masszívnak kell lennie, hogy elbírja a berendezést, másfelől tartalmaznia kell egy helyet a kapcsolódoboznak, mert praktikusabb, ha egyben van a kemencerendszerrel, valamint könnyen mozgathatónak is kell lennie. A masszív konstrukció érdekében zártszelvényből készítjük az egészet. Hogy elbírja az egészet 40*40*2-es zártszelvényt használunk. Ezt először a modellek alapján szalagfűrészsel méretre vágjuk, majd szorítók és fogók segítségével összeállítjuk. Amint ez megvan végig mérjük, és ellenőrizzük a derékszögeket. Ha minden rendben van, akkor először összepontozzuk, majd megint ellenőrizzük, hogy a folyamat során bevitt hő miatt nem vetemedett-e a szerkezet. Amennyiben ezen probléma nem merül fel, úgy az egészet össze lehet hegeszteni a MIG hegesztőberendezést használva. Amint minden varrat kész, akkor ezt is végig csiszoljuk a varratok mentén. Mikor készen vagyunk az összes lakatosmunkával, akkor vihetjük a vasakat a szinterezőbe. Itt a matricázandó felületek RAL 7035 sima struktúrájú felületet

kapnak, míg a többi RAL 7035 PCV, azaz domború felületű festést kap.

4.3. Hőelem

A kemence szabályzásához továbbá szükségünk van egy hőérzékelőre, melyek közül a leggyakoribb a Ni-CrNi (másnéven „K”), illetve a Pt-PtRh (másnéven „S”) típusok. Az S típusú hőelemeket általában magasabb hőmérsékletek (1180°C-os, és afeletti mérések) esetében szokták alkalmazni. Esetünkben elegendő a „K” típusú hőelem, mivel ez 1100°C-ig üzembiztosan használható, és ára sokkal kedvezőbb, mint az S típusúnak. A költséghatékonyság mellett alacsony hőmérséklettartományban „K” típusúval pontosabban is tudunk vele mérni. A hőelemek működésének, illetve az ezekkel való szabályzásnak az elve, hogy a két anyag, vagy nevezzük szálnak (jelen esetben az egyik szál Ni, a másik szál NiCr) pozitív és negatívként viselkedik. A két szál bármilyen vezető anyagból készülhet, amennyiben azok hőelektromos potenciálja különböző. Ahol össze vannak hegesztve, ott hő hatására a két szálon (pozitív és negatív) feszültségkülönbség keletkezik. Ezt a programszabályzó érzékeli, és ennek alapján megállapítja a hőelemszálok kapcsolódási pontjánál lévő hőmérsékletet. Innen láthatjuk, hogy a hőelem elhelyezésének is jelentős szerepe van a berendezésen belül, és ezáltal a vizsgálat pontosságát tekintve. A hőelem gyártása a két szállal kezdődik, melyet egymáshoz közel rögzítünk, illetve rájuk kapcsoljuk a hegesztéshez szükséges testet. A hegesztés argon védőgázos ívhegesztővel történik (jele: A WI). Készítettünk a hegesztés egyszerűsítésére egy eszközt, melybe alulról lehet befűzni a szálat. Mivel ezen szálok rendkívüli nagy mérettartományban kapathatóak (0,2-3 mm átmérőben), ezért többféle rögzítőre van szükségünk. Ezután beállítjuk a szálat a hegesztőpisztoly Wolfram hegyének csúcsától tengelyirányban 3mm-re, és ekkor kezdődhet a hegesztés folyamata. A készülék az ívet 2 másodperc után megszakítja, ugyanis ennyi idő alatt a két szál megfelelően összeolvad, és létrejön a gömb a végén, mely a hőérzékelésért felelős. Fontos még, hogy az oxidáció, és az ezáltal minőségromlás elkerülése miatt az argon öblítés a hűlés közben is folytatódjon, mely a jelen esetben használt 1,5 mm átmérőjű szál esetén 5 másodperc. Ezután a szálat kihúzza méretre vágjuk egy csípőfogó segítségével. A szál gázoktól való védelme végett a szálat behelyezzük egy fenekelt kvarcüveg csőbe, melynek külső átmérője 9 mm, és fala vastagsága 1,5 mm. A két szálat egymástól elszigetelendő a kvarccső belsejében egy szintén kvarcüvegcső van a pozitív szála húzva, melynek külső átmérője 4 mm, és fala 1 mm vastag.

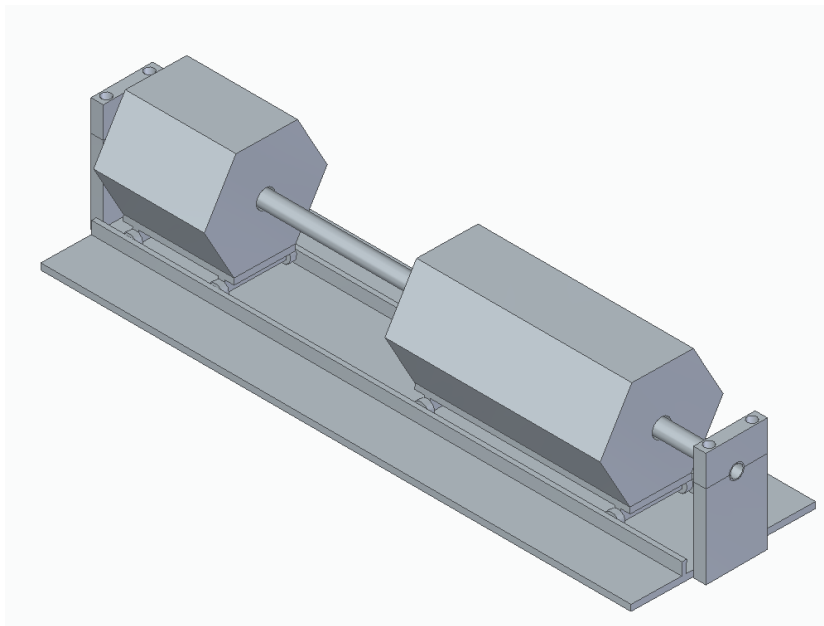
A hőelem hosszának megfelelőnek kell lennie, mert túl rövid esetén nem éri el a kívánt mérési pontot, míg túl hosszú egyfelől felesleges anyag, és ezáltal pénz, valamint az elhelyezése is nehéz. Éppen ezért a hossz meghatározásához szükség van először is tudni, hogy mennyi lesz a belógása, amivel a kerámián belülrre ér a térbe, a kerámia-, szigetelés-, és lemezzvastagságot, valamint a szerelvények méretét. Ezeket összeadva kapunk egy értéket, melyet minimális biztonsági ráhagyással (ugyanis ha rövid, az sokkal nagyobb problémát okoz, mintha túlzottan hosszú) megrendeljük az üveget, illetve az üveg hosszához képest a szerelés miatt 40 mm-rel hosszabb szálpárt is legyártjuk, majd az egészet egy tartókonzollal összeszereljük. Zónánként 1 db hőelemre van szükségünk, azaz összesen 3db kell, ugyanakkor szükség lehet a sérülékenyséjük miatt tartalékra, így 5 db-ot érdemes készíteni az esetleges törések miatt.

4.4. Szabályozás

A kemence részegységek hőmérsékleteinek összehangolását és szabályozását egy külön házban (kapcsolódoboz) elhelyezett programszabályzók végzik. Jelenleg a programszabályzók közül ezen a területen a legelterjedtebb a HAGA Automatika Kft. által gyártott KD481P típus [6]. Ez egy ON-OFF rendszerű szabályzóegység, amely azon az elven alapszik, hogy a beállított hőmérséklethez képest amennyiben a berendezés alacsonyabb értéken van, akkor engedélyezi a szilárdtestrelén az áram átfolyását, melyet a KANTHAL huzal hővé alakít. Amennyiben a berendezés a fűtési grafikon pillanatnyi hőmérsékleti értéke fölé megy, úgy a szabályzó azonnal megvonja az áramot, és megvárja, míg vagy a kemence visszahűl, vagy a grafikon eléri az adott értéket. A szabályzóból többféle verzió is elérhető, melyet a berendezés tervezéskor felmerülő igényeket a gyártóval ismertetve megkapjuk a megfelelő rendelési kódú szabályzót. Jelen esetben a berendezéshez egy KD481P-1-0020 lett ajánlva. Ezen szabályzóba 2 programot írhatunk, és programonként 4 lépcsőn tudjuk beállítani a felfűtési sebességet, a célhőmérsékletet, és a hőntartást. Valamint a szabályzó rendelkezik egy indítási késleltetéssel is.

A műszer képes előidőzíteni a felfűtést, így akár késleltetéssel is el lehet indítani a kísérlet elvégzéséhez szükséges felfűtést, vezérelhetjük vele a felfűtés sebességét, ezek mellett a hőmérsékletet, és a hőntartást is szabályozni egyazon programban tudjuk vezérelni, valamint, ha a kísérlet megkívánja, a hűtés sebességét is tudjuk lassítani azzal, hogy szakszerűen ráfűtünk a kívánt fűtőteltjesítménnyel. Használatától függően $\pm 1^{\circ}\text{C}$ -on belül tartani a kemencetér, illetve az egyes zónák hőmérsékletét. Illetve adott hőmérséklet vagy adott fűtési profil idejében különböző feladatok elvégzésére (például védőgáz bevezetése esetén motoroszelep nyitás, vagy direkthűtés esetén a levegő befújásának megkezdése) is adhat ki jelet. Emellett ki lehet hozzá építeni a számítógépes kapcsolatot (USB Direct-Link) [9], mellyel az adatokat valós időben tudjuk számítógépen nézni, illetve egyszerűen tudjuk a megfelelő program (ennek neve HAGAMAT, melyet a programszabályozó gyártójától ingyenesen megkaphatunk) [7], [8], segítségével diagramon ábrázolni.

Mivel 3 teljesen különálló kemencéből áll az egység, ezért fontos, hogy külön-külön lehessen vezérelni őket, emiatt mind fűtőegységből, mind hőelemből, mind a programszabályzót tartalmazó vezérlőegységből 3 darab kell, melyet azonban ugyanazon kapcsolószekrényben elhelyezhetünk, amivel helyet, és költséget is spórolunk, valamint esztétikailag is jobb, mint a 3 különálló villamos kapcsolószekrény.



5.ábra: A kemence elvi elrendezésének, valamint a kvarcüvegcsőnek, és annak rögzítésének látványterve

5. A FŰTŐBETÉT

A fűtőbetét feladata a kemenceváz belső terének felfűtése, a folyamatban előírt különböző hőmérsékletre, szabályozott módon. Ezen komponens két részből áll, a fűtőszálból, ami a villamos energiából hőt termel, és a kerámia vázból, mely rögzíti, valamint statikai me-revséget ad a fűtőszálnak.

5.1. Kerámia betét

A fűtőbetét a kemence legfőbb szerkezeti eleme, melyből a csőkemencékbe gyártott kerámiák közül két fő típus van. Az első típus, ahol a spirál a hosszában kialakított hornyokba van befűzve, és a végeken visszahajtva a folytonosság megőrzése végett, míg a második típusnál a spirál egy meghatározott menetemelkedéssel bíró, kerámiából készült csigatestre van feltekerve. Jelen esetben a második típus a jobb megoldás az egyenletesebb hőleadás miatt. Ebben az esetben a kerámiacső menetemelkedése 6,5 mm. Ezen kerámiabetétöntési módszerrel készül, melynek nagy előnye a préskerámiákkal szemben az olcsóság, valamint az egyszerűség, lévén az egyediség, illetve kis darabszám miatt. Az öntött kerámia lényege, hogy egy gipsz negatívba öntjük az úgynevezett masszát, mely kaolinból, kétféle finomságú molochit nevű szilikátból, hexametafoszfátból, és vízből áll. A gipsz víz elszívó hatását használjuk ki az öntés során, ugyanis a fal mellett elkezd a massa „meghúzni”, azaz a folyékony anyag ott elkezd keményedni, és megfelelő falvastagság (jelen esetben 1,2-2mm) elérésekor a maradék anyagot kiöntve, (melyet újra felhasználhatunk) kapunk egy héjat. Ezt megfelelő szárítási idő után, (mely idő alatt belülről szükséges kitömní, hogy ne eshessen össze) kivehetjük, majd kiégetés után éri el szerkezeti szilárdságát, és ezután jöhet a spirálozás.

Az égetés során az alábbi programot kell lefuttatni a kerámia kiégető kemencében:

1. Felfűtési sebesség: 200 °C/óra
1. Célhőmérséklet: 120 °C
1. Hőntartási idő: 5 óra 30 perc
2. Felfűtési sebesség: 150 °C/óra
2. Célhőmérséklet: 1230 °C
2. Hőntartási idő: 5 perc

Ezután hagyjuk a kemencét kihűlni magától, mely átlagosan 1-1.5 napot vesz igénybe.

A gipszforma szintén egy fontos eleme a kerámia gyártásának, hiszen ez adja a beleöntött kerámia formáját. Mindemellett, ha a forma anyaga nem egyenletes, zárványos, akkor a szívóhatás nem lesz megfelelő, ami egyenetlen falvastagságot eredményez, mely vagy javítást von maga után, mely egyértelműen plusz munka, vagy teljes újra gyártást, ami idő-, és bevételkiesést okoz. A gipszforma gyártásához szükség van egy pozitív formára, mely készülhet fémből, illetve műanyagokból a könnyű megmunkálás végett, vagy amennyiben rendelkezünk már kész termékkel, akkor akár arról is lehet direkt másolatot venni, és ezek köré gipszet öntve kapjuk a gipsz negatívot. Ebbe öntve kapjuk a kerámia negatívot, azonban ez száradás és égetés során zsugorodik, mérete pontosan 2,5 %-kal csökken, így az eredeti pozitívot ennyivel nagyobbra kell gyártani.

5.2. Fűtőszál

A kemence egyik legkritikusabb része a fűtőegység, mivel itt adott egy maximális geometria, amelybe úgymond „bele kell férnie a teljesítménynek”. Ha a fűtés teljesítménye túlságosan alacsony, akkor a kemence vagy nagyon lassan éri el a célhőmérsékletet, vagy a különféle veszteségek (légrés a kerámia és a kvarcüvegcső között, ahol légáramlat lehet, vagy a kemence palástján levő hővezetésből származó hőleadás) miatt el sem fogja tudni érni. Ugyanakkor a számítások elvégzésekor figyelni kell a felületi terhelést is, amely minél nagyobb érték, annál korábban ég el a fűtőspirál, ennek cseréje a teljes kemence szétszedésével, és a revésedés (azaz, hogy a kerámiára mennyire égett rá a fűtőszál, illetve annak oxidált részei, mely beleivódik a kerámia mikropórusaiba, ezzel hamarabb oxidálva, és tönkre téve az új fűtőszálat) függvényében a kerámia tok cseréjével jár együtt. Ez jelentős költségeket jelent a felhasználó számára, emellett természetesen, ha ez a garanciális időn belül következik be, az a készítő hírnevén is csorbát ejthet. Tehát érdemes a felületi terhelés értékét $6\text{W}/\text{cm}^2$ alatt tartani. A KANTHAL cég gyártói ajánlása szerint a felületi terhelés értéke $1\text{-}12\text{ watt}/\text{cm}^2$. Az adott felületen leadott teljesítmény mértéke fordítottan arányos a fűtőelem élettartamával. Mivel ezen értékeket a KANTHAL huzal átmérőjével lehet változtatni - amely még sok lényegi értéket befolyásol - ezért az ellenálláshuzal gyártója részletes adattáblát mellékel a termékekhez, melyből egy bonyolult számításorozattal kaphatunk meg minden fontos értéket. Első lépésként kitérnék a felhasznált KANTHAL A-1 kémiai összetételére, főbb jellemzőire, majd a megvalósításhoz szükséges számításokra is [11].

5.3 A beépítendő KANTHAL A-1 tulajdonságai, és összetétele, rövid jellemzése

Fizikai tulajdonságok alapján megkülönböztetünk KANTHAL A-1, KANTHAL A, KANTHAL DSI, KANTHAL DSD típusokat. Felhasználás szempontjából a KANTHAL A-1 típus a legelterjedtebb kedvező mechanikai tulajdonságai, és gazdaságos alkalmazhatósága miatt. A KANTHAL A-1 ellenálláshuzal biztonságosan használható -bizonyos előírásokat betartva- 1375 fok elemhőmérsékletig. Ezen elemtípust leggyakrabban hőkezelésnél, kerámia égetőkemencéknél, vegyipari hevítéseknel, anyagtechnológia vizsgálatoknál használják kiváló, és előnyös tulajdonságai miatt. A KANTHAL A-1 típusú ellenálláshuzal jellemzően hidegen húzott, huzal formában kerül forgalomban, ám ezek mellett a piacon megtalálható még ennek a típusnak a huzalváltozata is.

	Szén (százalék)	Szilícium (százalék)	Mangán (százalék)	Króm (százalék)	Alumínium (százalék)	Vas (százalék)
Nominális összetétel					5,8	Egyensúlyi
Minimum	-	-	-	20,5	-	
Maximum	0,08	0,7	0,4	23,5	-	

6.ábra: KANTHAL huzal kémiai összetétele

5.4 Az ellenálláshuzalok, KANTHAL ötvözetek, fizikai tulajdonságainak legfőbb jellemzői:

Tartós üzemi hőmérséklet (munkahőmérséklet)	1200 °C
Fajlagos ellenállás 20 fokon	1,45 ohm mm ² /m
Tágulási együttható	1,1*10 ⁻⁶ mm/K
Fajsúly	7,1 g/cm ³
Hővezetőképesség	11W/m*K
Olvadáspont	1475 °C
Szakítószilárdság (d=1mm)	545 MPa
Vickers keménység	240
Fajhő	0,46 kJ/kg*K

7.ábra: Az ellenálláshuzalok, KANTHAL ötvözetek fizikai tulajdonságainak legfőbb jellemzői

A berendezés fűtőbetétjének tervezésekor figyelembe kell venni, hogy a számított ellenálláshuzal hossz beépíthetősége miatt az ellenálláshuzalt legtöbb esetben tekercselni kell. A tekercset szorosan, (menet-menet mellett) csévélve készül, és a mérések után nyújtják a kívánt hosszra. A megmunkálás során néhány kitételre ügyelni kell:

- Egyenlőtlen menetemelkedés egyenlőtlen hőeloszlást eredményez
- A tekercselés során az ellenálláshuzal rézzel, vagy annak ötvözetével nem érintkezhet
- A huzal feszítettsége állandó kell, hogy legyen

A szoros spirált nyújtani kell, annyira, hogy ne keletkezessen rövidzárlat két spirálgyűrű között. Miután a spirál elnyerte a kívánt nyújtott hosszt, egyenletes menetemelkedésű, és nem rugózik vissza. További probléma lehet, hogy vízszintestől eltérő elhelyezés esetén a KANTHAL fűtés közbeni tágulás miatt, és lágyulás miatt is összeérhet, melyet ragasztással tudunk orvosolni. A ragasztó a kerámia lap anyagához hasonló kémiai összetételű, így fizikai tulajdonságai is megegyeznek, ezért fűtés közben az eltérő hőtágulás nem okoz belső feszültséget, mely elrepeszthetné, illetve szélsőséges esetben eltörhetné az egész fűtőbetétet.

A KANTHAL (a fűtőspirál) méretezéséhez, számításhoz szükséges képlet:

$$d = \sqrt[3]{\frac{P * 4 * \sigma}{p * 10 * \pi^2 * R}} = \frac{1}{2,91} \sqrt[3]{\left(\frac{P}{E}\right)^2 * \frac{\sigma}{p}}$$

1.képlet

Melyben a jelölések és mértékegységük

- d: huzalátmérő (mm)
- P: csatlakozási teljesítmény (W)
- p: megengedett felületi terhelés (W/cm²)
- σ : fajlagos ellenállás (ohm*mm²/m)
- R: a spirál ellenállása (ohm)
- E: feszültség (V)

Ezek egy kemence fűtőspiráljának a gyakorlati megvalósításához szükséges adatok.

A KANTHAL tulajdonságainak kiszámolásához használt EXCEL tábla:

		Elméleti számítás		Gyakorlati megvalósítás	
Kerekített huzalátmérő mm-ben	d=	0,76	[mm]	1,20	[mm]
Huzalátmérő mm-ben	d=	0,756520431	[mm]		[mm]
Csatlakozási teljesítmény	P=	1500	[W]	1500	[W]
Feszültség	E=	230	[V]	230	[V]
Hőmérséklet	T=	1100	[°C]	1100	[°C]
Kanthál típus		Kanthál A-1		Kanthál A-1	
Fajlagos ellenállás		1,5051	[ohm*mm ² / m]	1,5051	[ohm*mm ² / m]
Megengedett felületi terhelés	p=	6,00	[W/cm ²]	1,5033825	[W/cm ²]
Meleg ellenállás	Rt=	35,27	[ohm]	35,27	[ohm]
Hideg ellenállás	R20=	33,98	[ohm]	33,98	[ohm]
		Horonyhossz	L=	5100	[mm]
		Tüske átmérő	D=	5,00	[mm]
		Szoros spirál hossz	Ls=	1632,64	[mm]
		Nyújtás		3,12	
		Tömeg	m=	0,213	[kg]

8.ábra: KANTHAL számítási tábla

Az itt látható adatok szerint a felületi terhelés nagyjából 1,5 W/cm², amely érték üzemszerű használat esetén meglehetősen hosszú élettartamot biztosít a fűtőspirálnak. Az 1500W-os teljesítmény meglehetősen gyors felfűtést biztosít, nagyjából 40 perc alatt éri el a szükséges 960°C-os maximális vizsgálati hőmérsékletet. A 230V-os feszültségigény, valamint a 4500W-os maximális teljesítmény is fontos a megvalósíthatóság szempontjából, mivel így a komplett berendezés, a 3 kemencével csatlakoztatható egy 3 fázisú dugaljba, kemencénként 1 fázissal, így a szabvány 16A-os kismegszakítókat sem tudjuk túlterhelni a maximális teljesítménnyel mellett sem.

További új értékek és fogalmak jelennek meg a táblázatban:

- Horonyhossz - ennek értékét a fűtőszáلتartó kerámia határozza meg. Értékét a kerámiában lévő vájak adják, melyekbe a spirál lesz fűzve. A táblázatban a kerámia vájak teljes hossza szerepel.
- Tüske átmérő - azon rúd vagy cső átmérőjének mérete, amely köré a huzal spirálozva lesz - és ennek értéke nagyjából a spirál belső átmérőjének értékével azonos. (Minimálisan nagyobb a spirál belső átmérője, mivel valamennyit tágul a kitekeredés során.)
- Nyújtás: Annak a hányadosa, hogy a horonyhossz, azaz a kinyújtott KANTHAL-nak mekkora a hossza, illetve hogy az eredeti, szorosan egymásmellé feltekert KANTHAL-nak mekkora a hosszúsága. Amennyiben ez az érték túlságosan kicsi, úgy fennáll annak a veszélye, hogy fűtés közben a spirál összeér, mely rövidzárlatot, illetve szakadást okoz, mely a berendezés használhatatlanságát eredményezi.
- Szoros spirál hossz, mely a huzal kitekeréskori hossza. Ezt a feltekercselt spirált még szét kell húzni, hogy az egymás melletti gyűrűk ne tudjanak összeérni, és ezáltal összeégni. Ezt a széthúzási mértéket adja meg a táblázatban szereplő nyújtási érték, mely esetünkben 3,12 (ez az érték 2-4,5 a legoptimálisabb). A kapott adatok alapján láthatjuk, hogy a fűtés, valamint a vezérlés kivitelezhető, azaz rá lehet térni a következő problémás részre, a kvarcüvegcső elhelyezésére, és speciális rögzítésére.

A számítás után következhet a fűtőspirál legyártása, mely során a huzalt egy adott átmérőjű rúd köré csévéljük, melyet általában egy esztergapad, és egy tekercselődob segítségével szoktunk végezni. Ezután a táblázatból kapott ellenállásértéket egy multiméter segítségével kimérjük, óvatosan széthúzva a spirált, mivel amennyiben összeér, úgy hamis értéket kapunk, és ezáltal eltérő lesz a betét teljesítménye, élettartama pedig rövidül. Ezután a spirál két végén a huzalt szorosan duplán feltekercsük, (így 2-4-szeres huzalátmérőt kapunk) ezzel kialakítva a kivezetéseket, és az itt lecsökkent ellenállás miatt ezen rész nem melegszik fel a célhőmérsékletre, ezzel védve a villamos komponenseket.

A kivezetések alacsony hőmérsékleti értéken való tartásához az eredeti huzalátmérő keresztmetszetének 3-szorosát szokták kialakítani. Ez történhet az említett tekeréssel, vagy egy nagyobb átmérőjű KANTHAL DSD rúd tekercshez való hegesztésével, annak érdekében, hogy a hőállósága teljes mértékben fennmaradjon.

6. A HŐSZIGETELÉS KIALAKÍTÁSA

A tervezés során, illetve gyártás során fontos szempont, hogy a hőszigetelés vastagsága megfelelő legyen. A túlzottan vastag szigetelés nagyban lelassítja az egyensúlyi állapot elérését, mivel az bent tartja az előállított hő nagy részét. Az egyensúlyi állapot beálláshoz szükséges minimális hőveszteség. Erre azért is van szükség, mert a felfűtés során a programszabályzó hiába veszi vissza jelentős mértékben a fűtőteltjesítményt a célhőmérséklet közelében, a fűtés mindenképpen a kívánt hőmérséklet fölé fog menni minimális mértékben. Ha nem menne, akkor a vezérlés szabályai szerint végtelen idő lenne mire eléri a célhőmérsékletet. Ebben az esetben az egyensúlyi állapot csak nagyon lassan tudna létrejönni.

Másik problémás eset, amikor a szigetelés túlságosan vékony, és emiatt egyfelől a kemence külső felülete jelentősen felmelegszik, (ezáltal az érintés és munkavédelmi szabályoknak a berendezés nem tud eleget tenni), illetve bizonyos esetekben, főleg, ha a körülötte levő tér hőérzékeny, akkor a környező dolgokban is kárt tud tenni a túlzott kisugárzott hőmennyiség.

Szintén a vékony szigetelés okozta problémák közé sorolható, hogy kisebb teljesítményű kemencéknél a jelentős hőveszteség a felfűtés sebességét is nagyban befolyásolja (nagy teljesítménynél is nyilvánvalóan negatívan érinti a sebességet, ám ott kevésbé szembetűnő), illetve szélsőséges esetben akár azt is eredményezheti, hogy a berendezés nem képes elérni a kívánt célhőmérsékletet. Vannak azonban olyan esetek, ahol a kemence maximális dimenziói, vagy egyéb kíváncsi miatt a szigetelés nem lehet elég vastag ahhoz, hogy a külső felület ne melegedjen. Ilyen esetekben a kemence külső fém vázára egy további perforált lemezből készült takarólemez kerül, ám itt fontos figyelembe venni, hogy a túlságosan nagy lyukméret érintésvédelmi problémákat vet fel.

7. A KVARCÜVEGCSŐ

A kvarcüveg [1] magas hőmérsékleten megolvasztott, majd gyorsan lehűtött szilícium-dioxid. Mivel igen kicsi a hőtágulása, ezért a laboratóriumi gyakorlatban nagyon elterjedt. Tisztasága nagyobb, mint 99,99%. Kémiai tulajdonsága szerint semleges, tehát nem lép reakcióba sem savakkal, sem lúgokkal. Ez a kísérlet, illetve a vizsgálat során a kemence szerkezetének és fizikai állapotának megóvása miatt elengedhetetlen.

Miért is van szükségünk a kvarcüveg belső csőre? Egyrészt mert a kemence hőátadását kismértékben homogenizálja. Ám ami ennél sokkal fontosabb, elősegíti a vizsgált anyag biztonságos elhelyezését a kemence téren belül, mind az anyag, mind a kemence szempontjából.

Jelen esetben olcsóbb megoldás lehetne egy hőálló acél cső (H-9 anyagminőség, mely maximum 1050 °C-ig hőálló), és amely más berendezéseknél már volt alkalmazva. Ez a megoldás ebben a helyzetben a szerkezet egy fontos kritériumával menne szembe: a hőálló acél csőnek- mint a fémeknek általában - rendkívül jó a hővezetőképessége, és így a lokalizált melegítés gyakorlatilag értelmét veszítené. Emellett szintén ellene szól, hogy az üveggel ellentétben a fém nem átlátszó, ez a vizsgálat folyamán hátrányt jelentene. A kvarcüveg alkalmazásának szükségességét a sima üveg helyett, a magas hőmérséklet teszi szükségessé. Olvadáspontja 1700 °C, forráspontja 2500 °C.

Mivel a berendezés maximális üzemi hőmérséklete 960°C, illetve a „K” típusú hőelem elégésének veszélye miatt az 1100°C feletti célhőmérséklet (setpoint) a vezérlőegység szoftverjében le van tiltva (egy ALARM paranccsal), így a kemence belső hőmérséklete több, mint 1100 °C-ot semmiképpen sem tud elérni, így a kvarcüveg hosszú ideig engedett munkahőmérséklete alapján (mely 1100°C-1250°C) tökéletesen megfelel. A kvarcüvegcső, mint az anyagok többsége, hő hatására tágul. Ezen a hőmérsékleten ez jelentős következményekkel járhatna, annak ellenére, hogy ezen anyagnak relatíve kicsi a hőtágulási együtthatója ($5.5 \times 10^{-7} \text{cm/}^\circ\text{C}$).

7.1 A kvarcüveg cső hőtágulása

Esetünkben jelentős problémát a lineáris hőtágulás okoz, mely a rögzítést teszi bonyolulttá, de a projekt sikeressége érdekében remélhetőleg nem lehetetleníti el. A keresztmetszetben bekövetkező átmérő növekedést - a 3-3 milliméteres légrésnek köszönhetően - elhanyagolhatjuk, azonban a hőmérsékletnek, és a cső hosszának köszönhetően ezen kis hőtágulási együtthatójú anyagból készült cső is számottevően meg tud nyúlni. Hogy pontosan mennyit fog nyúlni, azt az éppen adott vizsgálati hőmérséklet, illetve a fűtött hossz határozza meg, mivel a kemencéből kiáramló hő, valamint a kvarcüvegcső is vezet ki valamennyi hőt. Annak ellenére, hogy rendkívül rossz hővezető, és szinte elhanyagolható a sugárzáshoz képest a tágulás, számításainknál figyelembe kell venni ezen értékeket is. Maximális nyúlásnál, melyet a rögzítő készüléknek el kell viselnie, mindenképp nagyobb értékkel, tűréssel kell számolni. Ugyanakkor érdemes felkészülni a lehető legnagyobb megnyúlásra, mely a valóéletben szinte kizárt, de egy esetlegesen bekövetkező esemény, amikor a kemence által előállítható legnagyobb hőmérséklet (1100°C) az üvegcső teljes hosszát melegíti, azaz a normál hőmérsékleten (25°C) 2500 mm hosszú cső hőmérsékletét 1075°C-kal megnöveli.

Innen a következő számítással kaphatjuk meg a hossznövekedést:

$$l_k = l_0 * \alpha * \Delta T$$

2. képlet

l_k : Hőmérsékletváltozás utáni hossz

l_0 : Kezdeti hossz

α : Lineáris hőtágulási együttható

ΔT : Hőmérsékletváltozás

Melybe behelyettesítve a saját adatainkat a számítás a következőképpen néz ki:

$$l_k = 2500 * 5,5 * 10^{-7} * 1075 = 1,478mm$$

3. képlet

A legrosszabb esetben tehát nagyjából 1,5mm-t nyúlhat meg a cső, mely elsőre nem tűnik soknak, ám egy mindkét oldalon fixen rögzített üvegcső ilyen mértékű nyúlás esetén könnyen elpattanhat, mely a berendezés üzemképtelenségét eredményezheti, valamint jelentős költségeket eredményez, így ezen opció mindenképp kerülendő. Következőkben ezen probléma kiküszöbölését részletezem, a megoldás bemutatásával.

7.2 A rögzítés kritériumai

Pontosan milyen kritériumoknak is kell megfelelnie a rögzítésnek? Először is, stabilan kell tartania az üvegcsövet, mivel, ha a tengelyvonal jobbra vagy balra kitér, esetleg függőlegesen elmozdul, abban az esetben a kemence oldalfala hozzáér, és kirívó esetben a keletkező feszültség el tudja törni a csövet. Ez a fentiekben már tárgyalt negatívumokkal jár. Szintén fontos, hogy axiálisan is rögzítve legyen az egyik végén, mivel egy esetleges tengelyirányú kicsúszás a rögzítőből szintén törést tud eredményezni. Ezen felül fontos, hogy a kvarcüveg cső felületét nem szabad károsítani, valamint a szorítás mértéke is kritikus lehet az üveg egységének óvása szempontjából.

Összegezve az eddig felmerült problémákat, az első koncepció alapján az egyik végén rögzített, a másik végén tengelyirányban szabadon mozgó, keresztmetszetben fixált rögzítést próbálnék. Itt az anyagválasztás kérdése a következő buktató, mivel a fix végéhez olyan anyag kell, mely rugalmas, ugyanakkor megfelelő szorítás esetén tudja biztosítani, hogy a cső tengelyirányba ne tudjon elmozdulni. A legkézenfekvőbb valamilyen gumi, vagy szilikonbetét alkalmazása lenne, ugyanakkor ezek hőállósága sajnos nem megfelelő, mivel az első felfűtés során elolvadna. Felmerültek még különböző műanyagok is, amik már előző projekteknel bizonyítottak, és magasabb a hővel szembeni tűrőképességük (Például: Teflon - 327°C, PEEK - 343°C), azonban jelen helyzetben a hőmérséklet, és a hőforrás közelsége ezen anyagokat is ellehetetleníti.

A fémek kérdésköre tűnik használhatónak, ebben az esetben viszont probléma a hővezetés, valamint a két felület közti alacsony súrlódási együttható, melyet a kicsúszás ellen csak nagy szorítóerővel tudnánk kompenzálni. Ez felesleges feszültséget generálna az üvegcsőben, így kockáztatva egy esetleges sérülést, esetlegesen törést. Ha a fém, ha el tudjuk valahogy szigetelni az üvegtől, úgy, hogy az axiális mozgás is át legyen hidalva, akkor a statikai merevsége miatt jó megoldás lehet.

A hőszigetelés kérdésköre viszonylag könnyen megoldható, mivel a kemence belsejében használt kaolin gyapotot vákuumformázás segítségével alakos darabként, nagy szilárdsággal, és jó alaktartással el tudjuk érni. Az így kialakított szigetelést gyűrűként fel tudjuk használni a kimunkált fém rögzítő pofa és a kvarcüvegcső közé téve, viszont a mozgás kiküszöbölésének problémája továbbra is fennáll. Itt mindenképpen kell valami változtatás az üvegcsövön.

Kétféle megoldás tűnik megvalósíthatónak. Az egyik, hogy a cső egyik pontjában egy furatot kell készíteni, és ott egy kerámia stift segítségével tudjuk rögzíteni a tengely irányú mozgások ellen. A másik lehetőség, hogy egy gallért kell kialakítani a csövön, amely két oldalról közrefogja a fém pofát, és a rajta levő szigetelést.

Az első verzió mellett szól, hogy az üveg megmunkálási költsége alacsonyabb, ugyanakkor a konstrukció, az anyagfolytonosság hiánya miatt sérülékenyebb a cső, illetve, hogy a beillesztendő stiftet is külön le kell gyártani. Ennek elhelyezését, és rögzítését is meg kell oldani, mely szintén plusz költségeket von maga után.

A második verzió szerint - mikor gallért készítünk a csőre - az üveg feldolgozásának költsége nagyobb, mivel ott a két üveggyűrűt rá kell hegeszteni a csőre. Ez a kvarcüveg magas hőtűrőképessége miatt nehéz feladat, és kevesen emiatt foglalkoznak vele. Ezen megoldással a cső sokkal ellenállóbb marad a fizikai behatásokkal szemben és ez az előny a felhasználás során megtérülhet. Itt további probléma, hogy mind a szigetelőgyűrű, mind a pofa két darabból (két félből) kell, hogy álljon a szerelhetőség miatt.

Összevetve a két lehetőséget, mivel a csőre hegesztett gallérral strapabíróbb lesz a konstrukció, ezért ezen verzió megéri azt többletköltséget, melyet az üvegcső átalakítása von maga után.

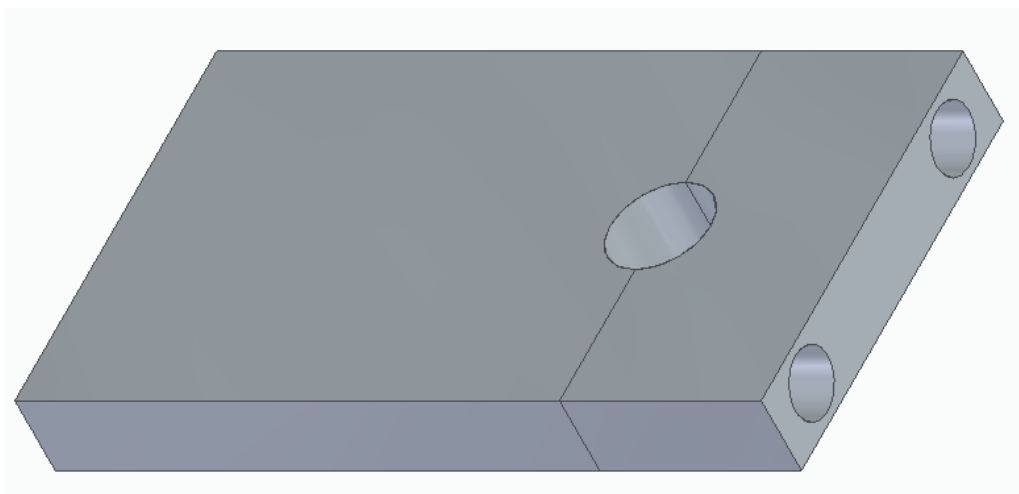
8. FELHASZNÁLT ANYAGOK

Ebben a fejezetben szeretném részletesebben bemutatni az ehhez a verzióhoz használt anyagokat, valamint kitérek az alkatrészek megmunkálásának, és alaksajátosságainak részleteire is.

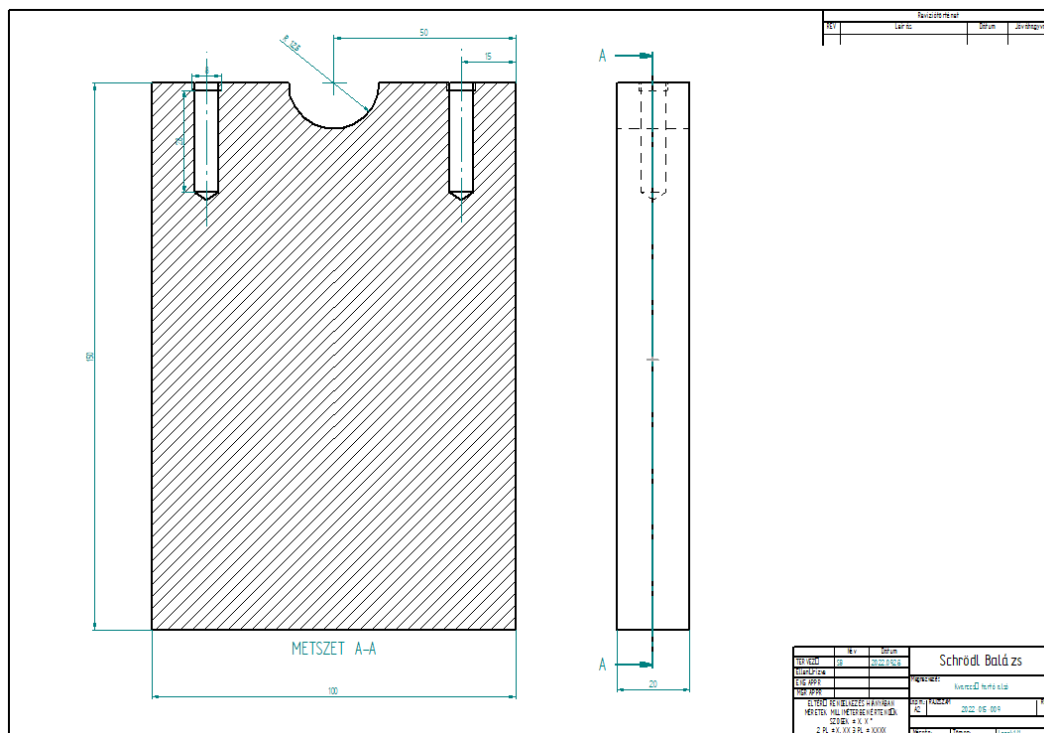
Kezdjük a befogó fém rész ismertetésével. Mivel ez a rész le lesz szigetelve a közvetlen hőtől, és csak a sugárzó hőnek kell ellenállnia, ezért nem szükséges hőálló anyagból lennie, ezzel csökkentve az anyagköltséget, és így a teljes projekt költsége is alacsonyabban tartható. Ugyanakkor a laboratóriumi körülmények miatt a korrózióknak ellenálló anyagot kell választanunk. Esetünkben nincs szükség nagy erőhatások tűrésére, ezért a legjobb választás valamilyen alumíniumötvözet lenne. Ez költséghatékonyabb megoldás, könnyebben megmunkálható, mint a rozsdamentes acél, ezzel is gazdaságosabbá téve az előállítását.

A befogó gyártására többszöri átgondolás és mérlegelés után egy AlMgSi ötvözet választottunk ki - mint feljebb is említettem, kedvező ára, és jó forgácsolható tulajdonságai miatt. A kiinduló anyagunk egy 200x10mm alumínium lapos rúd. Ennek másik nagy előnye, hogy méretre vágva lehet rendelni. Konceptióm egy 2 részből álló, a rögzítést tekintve 2 félkör alakú kimunkálással ellátott, 2 csavarral összefogatható pofa, mely a teljes összeszorítással is nagyobb belső átmérővel rendelkezik, mint az üvegcső, hiszen még a két felület közé kerül a szigetelés, valamint az üvegcső összeroppanásának kiküszöbölése miatt is szükséges ezen többlethely.

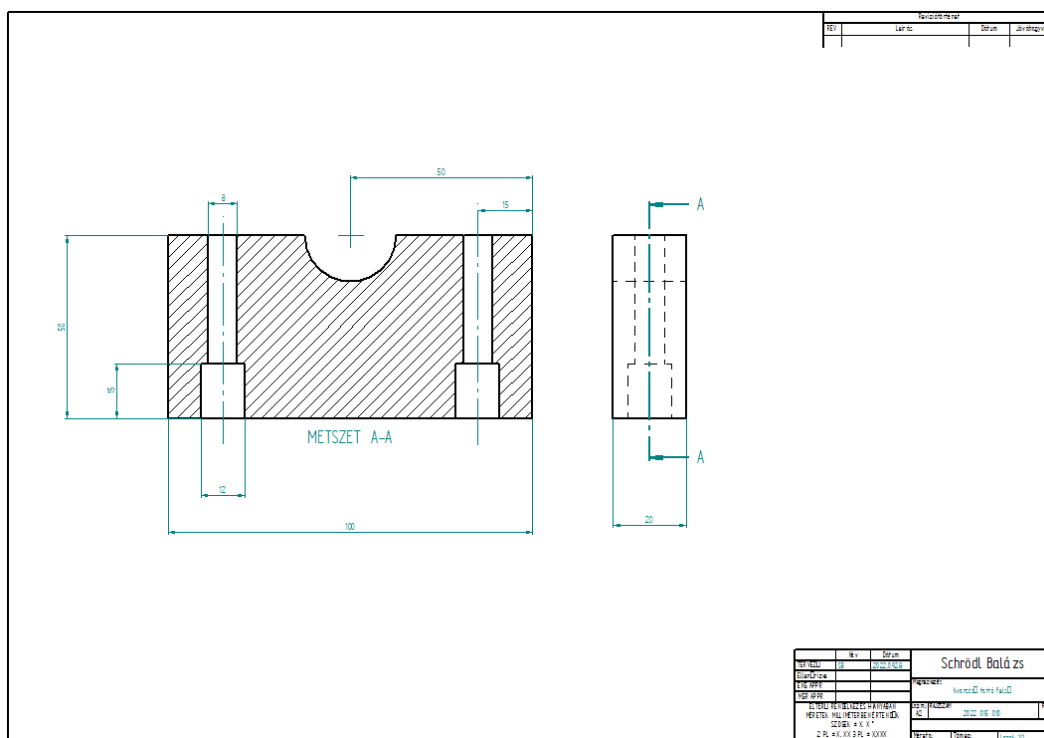
A következő ábrán szeretnék szemléltetni az alkatrészekről egy összeállított képet:



9.ábra A kvarcüvegcső rögzítőjének látványterve



10.ábra Az alsó rögzítő pofa műszaki rajza



11.ábra A felső rögzítő pofa műszaki rajza

8.1. A rögzítéshez szükséges elemek gyártásának gazdasági kalkulációja

A pofák alapanyaga 200x20mm-es AlMgSi laposrúd [3], és anyagszükségletet tekintve, minimális ráhagyásokkal számolva, 370mm, melyből a felső pofa anyagszükséglete 50 mm, míg az alsóé 135 mm, és az üvegcső teljes rögzítéséhez oldalanként 1-1 darab szükséges, azaz összesen 2-2 darab fog kellene mindkét félből. Így összesen a két fél anyagköltsége a gyártáshoz szükséges alapanyagnak, a jelenlegi 25 Ft/mm-es árával számolva 9250Ft.

Megmunkálási költségek a következő tételekből állnak össze:

- A felső pofa rögzítő félkörének kimunkálása CNC marógépen 3 perc 25 másodperc, a $d=7\text{mm}$ furatok kifűrése 35 másodperc/darab, míg a $d=15\text{mm}$ süllyesztések elkészítése a belső kulcsnyílású csavarfejnek 19 másodperc, így a gép munkaideje $3\text{ perc }25\text{ másodperc} + 2*35\text{ másodperc} + 2*19\text{ másodperc}$, amely 5 perc 13 másodperc, melyhez még hozzájön természetesen a szerszámcsere ideje, valamint a kezdeti anyag berakásának ideje, valamint az elkészült alkatrész kivételének ideje, plusz a gép takarításának ideje, ezen időkkal együtt összességében 10 percet számoltam gyártási időre, mely 15000 Forint/órás gépidő-árral 2500 Forint/alkatrész.
- Az alsó pofa rögzítő félkörének kimunkálása a szimmetrikusság miatt a marógépen szintén 3 perc 25 másodperc, az M8-as menetek magfuratainak elkészítése 32 másodperc, míg az M8 menetek kifűrése 36 másodperc, azaz az alkatrész teljes gyártási ideje $3\text{ perc }25\text{ másodperc} + 2*32\text{ másodperc} + 2*36\text{ másodperc}$, amely 5 perc 41 másodperc, ám a további munkafolyamatok miatt ennek a költségszámítását is 10 perces gépidővel kell számolni, azaz ezen alkatrész költsége is 2500 Forint/alkatrész.

Összességében tehát az anyagköltség, és a megmunkálás díja $9250+10000=19250$ Forint.

További költség még a hőszigetelő, melyet többféle változatban lehet elérni. Kapható az úgynevezett paplan, vagy a vékonyabb verziója, amit papírnak neveznek, mely lényegében egy adott vastagságú, egybefüggő lap, melyet könnyedén tudunk hajlítani, ebből különböző vastagságok érhetőek el, 2-35mm vastagságban, illetve van ebből szálal kivitel is, másnéven a vatta, amelyből vákuumformázással tudnak alakos darabokat gyártani. Esetünkben nyilván a legjobb megoldás az alakos lenne, két-két darab félkör formájú darabbal, ám ebben az esetben a vákuumformázáshoz szükséges szerszám gyártási költségeit meg kellene téríteni, mely az egész projekt gazdaságosságát veszélyeztetné. Így, mint második legjobb megoldás, ám ár-érték arányban messze a legjobb, a paplan felhasználását javaslom, a pofa, és az üvegcső közötti 3-3mm-es rés kitöltéséhez érdemes lehet a 4mm vastag paplant választani, mivel a szorítás hatására az még zömöl, és így stabilabb tartást eredményez. Ezen paplan kereskedelmi forgalomban 500x200 mm-es kiserelésben kapható.

9. VILLAMOS VEZÉRLŐSZEKRÉNY

A kapcsolószekrénybe épített programszabályozó a kemencében zajló teljes folyamatot vezérli a kísérletnek, illetve az adott technológiának megfelelően. A kemencében zajló aktuális folyamatot a programvezérlő display-én követhetjük nyomon, illetve az esetlegesen beépített számítógépes kapcsolat segítségével akár valós időben egy Windows operációs rendszerrel ellátott számítógépen is. A vezérlőszekrénynek továbbá védenie kell a kemencét az esetleges túláramtól, melyben a benne elhelyezett olvadó biztosítékok segítenek. További funkciói, hogy jelzi, mikor van a teljes berendezés áram alatt, LED segítségével, valamint ugyancsak LED visszajelző lámpák mutatják, mikor van az adott kemence feszültség alatt. Szintén fontos szempont, hogy az áramjárta komponensek villamos szigetelése megfelelő legyen, illetve, hogy ezen részek kívülről ne legyenek hozzáférhetőek, így eleget téve az érintésvédelmi kívánalmaknak. Ezen paramétereket egyértelműen rögzítik a villamos berendezésekre vonatkozó szabványok:

MSZ 2364-420:1994	A villamos berendezés hőhatása elleni védelem
MSZ 2364-430:2004	Túláramvédelem
MSZ 2364-450:1994	Feszültségcsökkenés-védelem
MSZ 2364-460:2002	Leválasztás és kapcsolás
MSZ 2364-473:1994	Túláramvédelem alkalmazása
MSZ 2364-482:1998	Védelmi módok kiválasztása a külső hatások figyelembevételével. Tűzvédelem fokozott kockázat vagy veszély esetén
MSZ 2364-520:1997	Kábel- és vezetékrendszerek

10. ÁTADÁS – ÁTVÉTEL

A berendezés gépkönyvének, és használati utasításának elkészítésekor különös tekintettel kell eljárni az általános munka- és tűzvédelmi tudnivalók tekintetében. Ezeknek az előírásoknak meg kell felelni a hatályos törvényeknek és előírásoknak. A megrendelő figyelmét fel kell hívni arra, hogy ezen kötelező szabályokat, és utasításokat minden kezelőnek el kell fogadnia, és alkalmaznia kell.

Mivel a berendezés elektromos árammal működik fokozottan ügyelni kell a biztonsági előírásokra. Az átadás - átvételi eljárás során fel kell hívni a megrendelő figyelmét a veszélyforrásokra, átadáskor megrendelő rendelkezésére kell bocsátani a használat során elhelyezendő figyelmeztető táblákat.

Az eljárás során be kell mutatni a berendezés használatát, megrendelőnek rendelkezésére kell bocsátani a próbaüzem folyamán szerzett tapasztalatokat.

Az átadás-átvételi jegyzőkönyvben rögzíteni kell az átadott dokumentumok listáját. Ennek tartalmaznia kell a megvalósítási terveket, anyagokat, az esetleges eltérési jegyzőkönyveket, elvégzett ellenőrzések és mérések – mechanikai és hőtechnikai - megfelelőségének dokumentálását. Az esetlegesen feltárt nem megfelelőségek javítására hozott intézkedéseket és az ezt dokumentáló jegyzőkönyveket.

11. KÖLTSÉGSZÁMÍTÁS

Egység	Megnevezés	Mennyiség	Egység	Egységár	Összesen
Kemencék	Vasanyag Lv=1,2	2	tábla	15 400 Ft	30 800 Ft
	Hőelem	3	db	13 250 Ft	39 750 Ft
	Hőszigetelő vatta	31	kg	2 860 Ft	88 660 Ft
	Kerámia fűtőbetét	3	db	21 400 Ft	64 200 Ft
	KANTHAL fűtőszál	1,3	kg	16 200 Ft	21 060 Ft
	Festés	3	db	12 300 Ft	36 900 Ft
Állvány	Zártszelvény, 40*40*2	2,5	szál	16 300 Ft	40 750 Ft
	Festés	1	db	28 400 Ft	28 400 Ft
Kapcsolódoboz	Doboz kivágásokkal	1	db	68 300 Ft	68 300 Ft
	Mágneskapcsoló	1	db	9 400 Ft	9 400 Ft
	Szilárdtestrelé	1	db	16 540 Ft	16 540 Ft
	Kapcsolók, LEDek	1	szett	25 650 Ft	25 650 Ft
	Vezetékek	1	szett	14 650 Ft	14 650 Ft
Mozgatás	Sínpálya	3	m	26 480 Ft	79 440 Ft
	Mozgató kocsik	3	db	17 940 Ft	53 820 Ft
Kvarcüveg cső	Cső	1	db	459 680 Ft	459 680 Ft
	Rögzítés	2	db	21 600 Ft	43 200 Ft
Anyagköltség összesen					1 121 200 Ft
Összeszerelés az előzetes becslések szerint 126 órát vesz igénybe, mely 9200 Forintos órabérrel számolva 1159200 Forint.					

11.ábra Az előre számítható költségek

A költségek számítása bármennyire részletesen próbáljuk is számolni, és bármilyen részletességgel tervezzük is, csak egy megközelítést ad. A végső árnak olyan részeit, amik a gyártás során fellépő problémák, illetve átalakítások miatt (például kerámiák esetleges törése, vasszerkezet nem megfelelő illeszkedése esetén újra gyártás) fellépő költségeket nem tartalmazza, így egy úgynevezett biztonsági tartalékot érdemes az ajánlatban szereplő árba beleépíteni, valamint nyilván a vállalkozás működése érdekében valamennyi profitot is.

ÖSSZEFOGLALÁS

A szakdolgozatom témája a mozgatható csőkemence tervezése. A dolgozatban bemutatom egy ilyen berendezés tervezésének, felépítésének és megvalósításának lépéseit, és az esetleges hibaforrásokat.

A tervezés során külön figyelmet fordítok az esetleges hibaforrásokra, és kitérek ezek megoldására, illetve azok elkerülésére. Ebben segítségemre van egy FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) elemzés, melyet egy táblázatban foglaltam össze.

Miután feltártam a lehetséges hibákat, és megvizsgáltam azokat, már könnyebb képet tudok alkotni a legjobb gyártási módszerről. Később ezen folyamatot ismertetem is részletesen, kitérve benne a kemencerendszer alkotóelemeire, úgyis mint a fűtőbetét, a villamos vezérlőegység, a hőszigetelés, a kemence külső fegyverzete, a kvarcüveg cső, és annak rögzítése, valamint az állványrendszer felépítésének megvalósítására, és az egyes elemek összeépítése.

Mivel egy kemence egy speciális feladat elvégzésére készül, amely szabványban rögzített, így a tervezés és kivitelezés során a szabványban leírt folyamatot, valamint, hogy a kemencerendszer alkalmas legyen a szabványban leírt feladat megvalósítására.

Külön figyelmet kellett fordítanom az olyan speciális, és kényes részletekre, mint például a fűtőszál méretezése a megfelelő élettartam eléréséhez, mely során a KANTHAL A-1 tulajdonságait vizsgálva kellett megválasztanom a megfelelő huzalátmérőt.

Mivel a legjobb módszer gyakran nem megvalósítható, ezért a gyakorlati próbálkozások helyett költségcsökkentési szempontokból alkottunk egy EXCEL táblát, melyben virtuálisan le tudunk modellezni bármilyen méretezést, és a kapott adatokból ki tudjuk választani az optimálisat.

A másik jelentős problémaforrás a kvarcüveg cső rögzítése sérülékenysége miatt. Erre is felmerült több lehetőség, melyből ki kellett választani a legjobb, legbiztonságosabb módszert, amely ezek mellett költséghatékony is.

Összességében szeretném bemutatni, hogy egy ilyen berendezés tervezése, és megvalósítása mennyi munkát igényel, és mennyi hibalehetőséget rejt magában, illetve mennyi

ötlet merül fel. A feladat összetettsége miatt valódi csapatmunkát igényel, hogy az ötletek közül ki tudjuk választani azt, amely minden igényt kielégít.

ABSTRACT

The main stream of my thesis is Designing a Movable Tube Furnace. I am dealing with object of the equipment, with the planning and the execution process of the system, especially touching the possible errors.

During the planning and design process special attention has to be paid to different cases of hazard. In this analysis the FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) charts gives us help to plan the steps of the process and to reduce hazard, even to eliminate risk.

After carefully examine all the possible hazard, the process based execution can be planned. It should be divided into steps for the penetrability. At this point materials have to be ordered from suppliers. Flow charts help the execution.

In my thesis I deal with parts of the furnace – the heating part, the insulation, the quartz tube, the regulation system and the fixing. I pay special attention to the criteria of the elements to be built in.

As the furnace is constructed to meet special needs based on a standard, the process has no opportunity to be varied. Planning has to make the best of choosing the raw material –e.g. to pick the adequate diameter of the KANTHAL wire.

As the most cardinal part of planning a furnace I entered into details concerning this matter. The theory does not always meet the practical realization, so we need to examine different possibilities and choose the best from the alternatives. To help we have a special excel chart to calculate how to carry out optimally the heating wire.

The other cardinal question is the thermal insulation. Exothermicity must not heat the outer coating of the furnace to hazardous temperature as it causes risk or accident. If the insulation is insufficient the system would not reach the set point.

For the correct execution of the system we need a specific quartz tube defined in the standard. As the system consists of two tube furnaces – and one of them is moveable – fixing of this tube has to be extremely safe.

My aim was to examine all the possible stumbling blocks of the execution of the process and to introduce how to avoid them.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] <https://www.micquartz.com/hu/quartz-glass-property/> (2022.09.15)
- [2] <http://www.dualinvest.hu/index3.php?pg=products&cId=3&pId=18> (2022.09.16)
- [3] <https://vasaruhaz.hu/aluminium-103/aluminium-laposrud/aluminium-laposrud-alm-gsi05-f2215020-2039> (2022.09.16)
- [4] <http://www.rath.hu/main.php?sorszam=2> (2022.09.16)
- [5] <https://interkeram.hu/termek/keramia-szalas-szigeteloanyagok-es-kiegesztok/egyeb-kiegesztok/> (2022.09.16)
- [6] <https://hagakft.hu/termek/17> (2022.09.18)
- [7] <https://hagakft.hu/megjelenito-program> (2022.09.18)
- [8] <http://www.provicon.net/Provicon/Products?sid=172290&rfs=1930946345&lan=hu&pid=0&Load=0> (2022.09.18)
- [9] <https://hagakft.hu/termek/45> (2022.09.18)
- [10] <http://www.kaloriatech.hu/Egyedi-tervezesu-es-gyartasu-kemencek/12/> (2022.09.13)
- [11] KANTHAL Kézikönyv 1970, Göteborg, Svédország, Antonsons Tryckeriab AB kiadásában