



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Gépipari automatizálási szakmérnöki képzés

Gépipari forgács feldolgozó automata fejlesztése

Belső konzulens:	Dr. Földi László József egyetemi docens
Külső konzulens:	Schneider Tamás géptervező gépészmérnök
Készítette:	Tóth Dávid DB2U5G levelező tagozat
Intézet/Tanszék:	Mechatronika

Gödöllő
2023

**MŰSZAKI INTÉZET
GÉPIPARI AUTOMATIZÁLÁSI SZAKMÉRNÖK**

DIPLOMADOLGOZAT

feladatlap

Tóth Dávid (DB2U5G)

részére

A diplomadolgozat címe:

Gépipari forgács feldolgozó automata fejlesztése

Feladatkiírás:

Bevezetés, Szakirodalom feldolgozása, Probléma bemutatása, Forgácsfeldolgozó berendezés fejlesztése, Gazdasági számítás, Összefoglalás

Közreműködő tanszék: Mechatronika

Külső konzulens: *Schneider Tamás, gépészmérnök, KONTAKT-Engineering Kft.*

Belső konzulens: *Dr. Földi László, egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet*

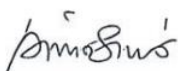
Beadási határidő: 2023. november 06.

Gödöllő, 2023. szeptember 04.

Jóváhagyom



(tanszékvezető)



(szakfelelős)

Átvettem



(hallgató)

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2023. 11. hó 06. nap



(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

1.	Bevezetés.....	5
1.1.	Témaválasztás indoklása.....	5
1.2.	Téma aktualitása	5
1.3.	Célkitűzés.....	6
2.	Szakirodalom feldolgozása	7
2.1.	Fenntarthatóság	7
2.2.	Gépipari forgács.....	8
2.3.	Technológiák.....	9
2.3.1.	Aprítók.....	9
2.3.2.	Hidraulikus prések.....	11
2.3.3.	Szűrőberendezések	12
2.3.4.	Transzporterek	13
2.3.5.	Fémpor gyártó megoldások	15
2.3.6.	Additív technológia	16
2.4.	Szabadalomkutatás.....	19
2.5.	Összegzés.....	19
3.	Technológiai sor összeállítása	21
3.1.	Folyamat bemutatása	21
3.1.1.	Aprítás	25
3.1.2.	Brikettáló egység	27
3.1.3.	Fémpor előkészítése	29
3.1.4.	Örlő berendezés	31
3.2.	Vezérlés jellemzői.....	33
4.	Gazdasági számítás és megtérülés vizsgálata.....	37

4.1.	Villamos anyagok	37
4.2.	Anyag- és eszközlista.....	39
4.3.	Fejlesztés összesítése	40
4.4.	Megtérülés vizsgálata.....	41
5.	Összefoglalás.....	42
6.	Jövőbetekintés	43
7.	Summary	44
8.	Köszönetnyilvánítás	45
9.	Nyilatkozatok	46
10.	Irodalomjegyzék	49
11.	Táblázatjegyzék	51
12.	Ábrajegyzék.....	52

1. Bevezetés

Napjaink egyik legnagyobb problémája a növekvő hulladékmennyiség, illetve annak szakszerű letárolása. Ez nem csak a gépipart érinti, hanem más és más területeket is. Dolgozatom azonban a gépipari forgács, mint hulladék kezelését taglalja.

1.1. Témaválasztás indoklása

Sokat foglalkoztat a jövő. Sokszor jut eszembe, hogy végül is, mit tehetnék én, mint egy porszem a gépezetben, annak érdekében, hogy egy élhetőbb jövőt alakítsak ki a családom és a világ többi lakosa számára? Mi az, amit a munkámból kifolyólag tehetnék? Szeretném saját lehetőségeimet kihasználni és képességeim, elhivatottságom kiaknázni, annak érdekében, hogy javítsak az aktuális életkörülményeken. Ennek szellemiségében került megfogalmazásra szakdolgozatom, mely produktumát szeretném megvalósítani is a közeljövőben.

1.2. Téma aktualitása

A fenntarthatóság és ipari fejlődés, két olyan témakör a jelen világában, amelyek kiemelt fontossággal bírnak mindenki szemében.

A fenntartható fejlődés fogalma az 1987-es Egyesült Nemzetek Szervezetének Brundtland-i jelentésében bukkant fel először. Azóta számtalanszor került átfogalmazásra, módosításra, de az alap definíció nem változott, továbbá annak mondanivalója sem.

Az ipari fejlődés és forradalmak, robbanásszerű növekedést eredményeztek egyes szakágaknak, nem volt ez másképp a gyártással sem. Ennek a jelenségnek következménye az is, hogy a gépgyártás és automatizálás területéhez fűződően, napról napra új technológiák, berendezések, gépek jelennek meg a köztudatban. Ez a fejlődés hatással van más egyéb iparágakra is, melyeknek szintén a működés hatékonyságának növelése a fő célja. A fejlődés új gépekkel, gépegységekkel, alkatrészekkel jár, amelyeket viszont elő kell állítani.

Az egyes gépelemek, alkatrészek előállítása során, számos hulladék és veszélyes anyag keletkezhet, amely súlyos hatással van a környezetünkre. Ezeknek az anyagoknak a hatását, vagy hatásaik következményét szeretné a fenntarthatósággal foglalkozó szakemberek javarésze csökkenteni, a gyártás területén dolgozó mérnökökkel karöltve. Így fonódik hát össze e két terület, amelyek az én szakdolgozatom témájához is szorosan kapcsolódnak.



1. ábra Fenntarthatóság I.

1.3. Célkitűzés

Célom egy olyan automata gépsor koncepciójának kialakítása, amely képes az alkatrészgyártások során keletkező, hűtőfolyadékkal szennyezett gépipari forgácsot oly módon feldolgozni, hogy a környezetünket a működésével és végtermékével a legkevésbé terhelje. Célom, hogy a sokak által veszélyeshulladékként kezelt anyagegyüttesből terméket állítsak elő, környezetkímélő módon. Ehhez a dolgozat kidolgozása során, sorra veszem az alkalmazni kívánt technológiákat és megvizsgálom azok működését.

2. Szakirodalom feldolgozása

A szakirodalmi áttekintés során összegzem az automata gépsor koncepciójának kialakításához szükséges összes technológia naprakész információit összegyűjteni és összegezni. Ezen áttekintésre alapozottan választom ki az egyes elemeit a gépsoromnak definiálni és kiválasztani a későbbiekben. Az áttekintés megkezdése előtt viszont a fenntarthatóság témakörét járom körbe, továbbá a gépipari forgács, mint hulladék keletkezését megvizsgálni.

2.1. Fenntarthatóság

A fenntarthatóság és fenntartható fejlődés, mint fogalomkör már hosszú ideje foglalkoztatja az emberiséget. A társadalmi, ipari, gazdasági és egyéb területeken fellépő problémák kezelését együttesen, egy fogalmi keret között kell tárgyalni, a megoldást pedig azon belül kell tervezni. Ezt 1974-ben Ignacy Sachs foglalta össze cikkében (Sachs, 1974:828), majd ezt követően 1978-ban kialakította az öko-fejlődés (eco-development) fogalmát. Ez a Brundtland-jelentésben szereplő 1987-es megfogalmazás és összefoglalás egyik legjelentősebb előzménye volt.

A Brundtland-jelentésben definiáltakra sok kutató és értekező hivatkozik napjainkban is, így kijelenthető, hogy ez a legszéleskörűbben ismert leírása a fenntartható fejlődésnek. (Dr. Gutasy A., Gutassy N. F. (2019))

Az akkori összefoglalás szerint, a jelen kor társadalmának úgy kell kielégítenie saját szükségleteit, hogy azzal nem veszélyezteti a későbbi generációk lehetőségeit, önnön céljaik elérésében (Brundtland-bizottság, 1987).

A fenntarthatóság és a fenntartható fejlődés összefonódik és sokféleképpen értelmezhető (KOLNHOFER-DERECSKEI, A., REICHER, R. Z., HAUBER, G., & MAJLÁTH, M. (2023)). Ennek megfelelően sok multinacionális nagyvállalat igyekszik saját tevékenységéhez kapcsolni és formálni a kifejezést, de ez némi veszélyt is hordoz magában.

Ez a gépipar tekintetében sincs másképp. Egy vállalat megítélésében napjainkban igen fontos szempont a fenntartható működés. A gépipar szempontjából én, a legfőbb problémának az alapanyag előállítását és újrahasznosítását látom, így ötletem eköré fonódik. Szeretném, ha több gyártó vállalat is hazánkban, az én megoldásomat választva vállalhatná magát fenntartható működésűnek.



2. ábra Fenntarthatóság II.

2.2. Gépipari forgács

Az egyes alkatrészek gyártásakor különböző technológiákat használunk. Igénybevétel, beépítési hely és körülmények, felhasználás jellege és egyéb jellemzők, paraméterek határozzák meg azt, hogy az egyes gépelemeket, hogyan állítsuk elő.

Vannak olyan technológiák, amik anyag hozzátétellel, additív módon és olyanok is, melyek elvétellel alakítják ki az alkatrész végleges formáját, jellegét.

Anyagelvétel esetén viszont minden esetben keletkezik hulladék. Elég egy gyártmány alapanyagának előkészítésére gondolnunk: egy kisméretű alkatrész legyártását, az alapanyag darabolásával kezdjük meg. A darabolás során már a felhasznált fűrész vagy egyéb vágóeszköz segítségével igénybevéve forgácshulladékot képzünk. (Stampfer M. 2007.)

A felgyorsult világunk, felgyorsított alkatrészgyártást is igényel. A legelterjedtebbé az úgynevezett CNC megmunkálóközpontok váltak. Ezen eszközök, különböző szerszámok segítségével alapanyagtömbökből, köranyagokból készítenek 3D fájlok alapján alkatrészeket. Rengeteg bonyolult alakzat másodpercek alatt elkészül ezen gépek segítségével. A gyorsaságnak viszont ára van.

A nagyfordulatszámokkal működő gépek a megmunkálás során, komoly hűtést is igényelnek. Többségében erre a feladatra különböző összetételű emulziókat használnak ezek az ipari berendezések, amelyek a lehulló forgáccsal vegyülve, veszélyeshulladékot alkotnak. (Dr. Stampfer M. (2012))

Természetesen napjainkban komoly törekvések mutatkoznak szerszámtechnológiai és üzemeltetői oldalról is a tekintetben, hogy ezen berendezések ökolábnyomát lecsökkentsék. A szerszámok egyedi kialakításának és anyagfelhasználásának következtében, kisebb hűtést

igényelnek, míg az arra a célra kifejlesztett fluidumok adalékai a környezetet kevésbé terhelő anyagokból készülnek.



3. ábra RUF Maschinenbau GmbH. Brikettáló berendezése

A korszerű technológiáknak következtében, lehetőség van ezen veszélyeshulladék újbóli darálására, majd tömörítésére is. A tömörítés során az emulzió javarésztét kipréselik az egyvelegből, mely így egy szárazabb és kompaktabb hulladékká alakul. Könnyebb a mögöttes logisztikai folyamatok lebonyolítása, továbbá a beolvasztása is ezen forgácsbriketteknek. Egyik élenjárója ezen újrahasznosító eljárásnak a RUF Maschinenbau GmbH.) (Hamers C., Jessberger A., (2018)).

2.3. Technológiák

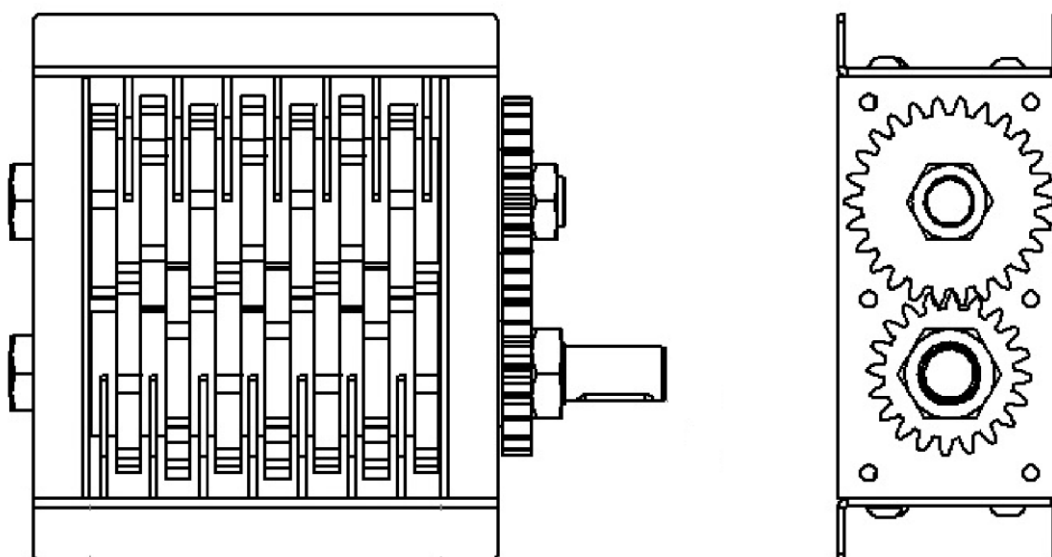
Ebben a fejezetben legfőbb célom, az általam elképzelt termék előállításához szükséges technológiák áttekintése. A későbbiekben az egyes gépegységeim a legnaprakészebb paraméterek és információk függvényében fogom kiválasztani, definiálni.

2.3.1. Aprítók

Az aprítók „shredderek” célja, hogy az alapanyagot kisebb méretűre, szemcséjűre darálják. A technológia maga, régről származik, fejlesztése és fejlődése alapvetően a hajtások

és szerszámok korszerűsödéséhez köthető, továbbá az egyéb diagnosztikai eszközök megjelenéséhez.

Napjaink shredderei számos elrendezéssel készülhetnek, ilyenek például a függőleges vagy a vízszintes tengely orientációjú eszközök, melyek egy, két, három vagy négy szerszámtengellyel rendelkeznek. (Abhay K., Abhishek G., Aviral S., Mohd Ahmar K, Navneet Pratap S., Dr. Rahul S., Ms. Gaganpreet K. ((2019.))



4. ábra Aprító berendezés

A tengelyek száma és elrendezése alapvetően az alapanyag előkészítettségétől és a végtermék paramétereitől függenek. Amennyiben egy durvább anyagból, finomabb szemcsét akarunk kialakítani, több késes megoldást kell választanunk.

Az aprítást befolyásoló tényezők, az alapanyag minősége, mennyisége, szemcsemérete, hőmérséklete, szennyezettsége vagy éppen tisztasága, illetve az adagolás jellege. Ezen adatokra alapozottan kell megválasztani a tengelyek számát, orientációját, a szerszámok kialakítását és anyagát, továbbá a hajtást és annak védelmét is.

Az egyszerűbb ipari aprítóberendezések napjainkban 3kW-os motorral rendelkeznek, horizontális tengelyelrendezéssel. Két tengellyel és azokra szerelt, összesen 22-28 darab, magas kopásállóságú duplaélű pengével épülnek fel és aprítják kellő finomságúra a szalagforgácsot és töreket. A kialakítások mindegyike rendelkezik rostával, ahol az aprított részek vagy

megakadnak, vagy áthullanak, ezzel biztosítva a kellő minőségű végterméket. A berendezések mindegyike magas PL szintet igényel és kellő körültekintést az üzemeltetés alatt.

A jelenkor fejlesztései a korábban leírtak mellett a munkavédelem irányába is haladnak az egyre szigorodó szabályozások miatt. Így a betöltő pozíciókba garatok, garat fedők és reteszeltető zárok kerülnek elhelyezésre, amely a termelékenységet csökkenti ugyan, de biztonságosabb gépüzemeltetést tesz lehetővé.

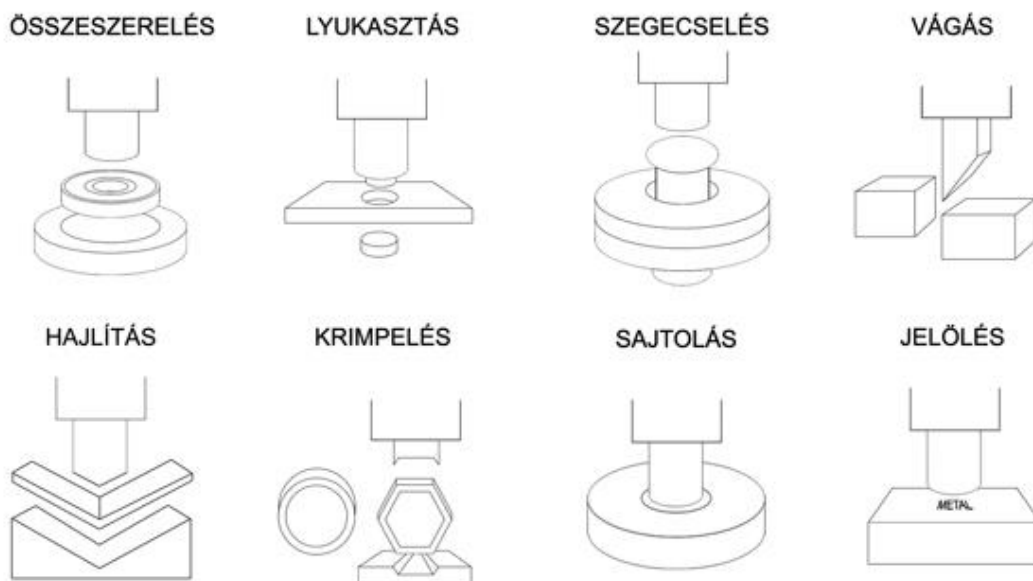
A gépipari forgács méretéből és jellegéből adódóan, egy viszonylag lassú fordulatszámmal rendelkező aprítóra lesz szükségem, amely nagy nyomatékok kifejtésére is alkalmas. Utóbbira azért van szükség, mert előfordulhat, hogy szalagforgács képződik egy-egy megmunkálás során, amely könnyen rátekeredhet a tengelyre, ha a szerszámok megkopnak. Ennek elkerülése megfelelő karbantartás által, vagy egyéb forgács törő, zúzó eszközök rendszerbe integrálásának segítségével oldható meg.

2.3.2. Hidraulikus prések

A hidraulikus préseket a fémek anyagok hidegalakítása során használják előszeretettel, például anyagkicsípésre, sajtolásra, mélyhúzásra, vágásra vagy akár zömítésre is. (Andrew P. (1998)) A gépészetben nagy darabszámú, egyszerű alkatrészek olcsó előállítása esetében preferálják alkalmazni, vagy olyan helyeken, ahol nagy erőkifejtésre van szükség. Kompakt kialakításával, olcsó rendszerlemeivel és egyszerű működése sokak által ma is kedvelt.

A 18. század végén, 1795-ben Joseph Braham feltalálta a hidraulikus prést. (Adesina, F., Mohammed, T. and Ojo, O. (2018)). Felépítését tekintve egyszerű így az évek alatt nem sokat változott a technológia. A rendszerlemek viszont minőségüket tekintve jelentősen megváltoztak, aminek okán a ma használt legnagyobb prés 30 tonnás nyomóerőt képes kifejteni, 150 mm-es lökete teljes terjedelmében.

Az általam alkalmazni kívánt brikettáló egység fő eleme a hidraulikus munkahenger, amely nyomó irányba zömíti az aprított forgácshulladékot. A zömítés egy zárt kamrában kell, hogy történjen, annak érdekében, hogy az emulzió a lehető legnagyobb mennyiségben eltávolíthatóvá váljon. A szerkezeti felépítést tekintve, a zömítő tér végén egy szűrő rendszert szeretnék kialakítani, amelyen keresztül lehetőségem nyílik az emulzió elvezetésére.



5. ábra Hidraulikus prések alkalmazási területei

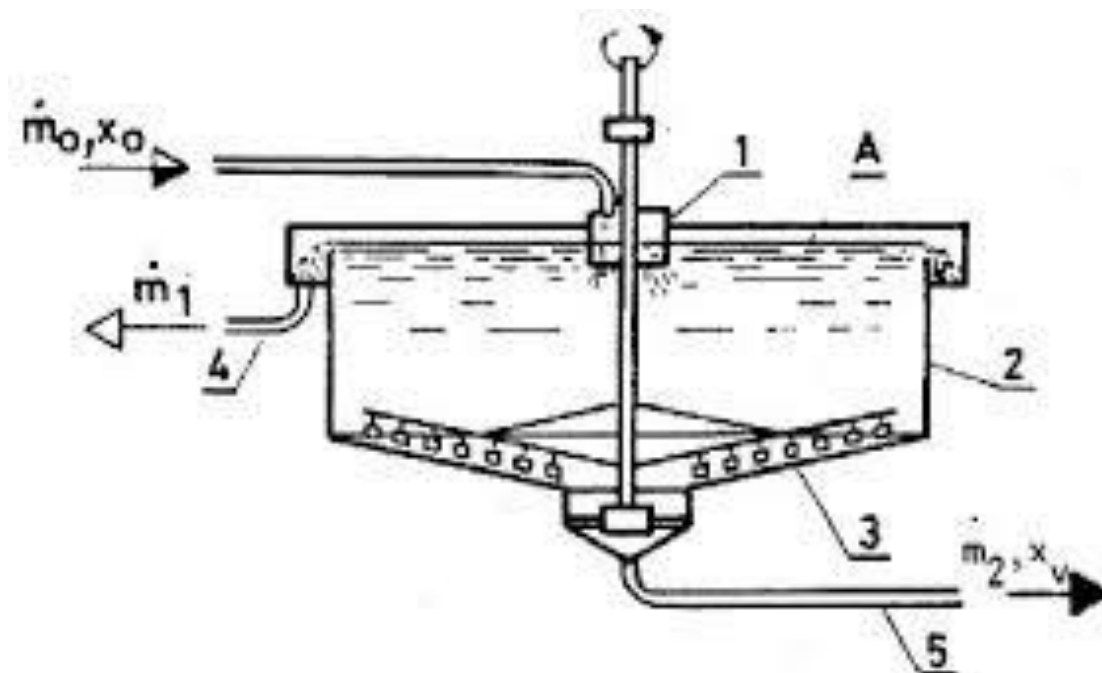
2.3.3. Szűrőberendezések

Az olajtartalmú emulziók és ipari szennyvizek kiemelt környezetkárosító hatással rendelkeznek. Önmagukban veszélyeshulladékként említhetők.

Kezelésük figyelmet igényel és a fejlődő világ gépiparának egyik legnagyobb fejfájását okozza. Előállításuk költséges, újrahasználatosságuk pedig nehézkes. Rendkívül sok abrazív szemcsét hordoz a már használt hűtőfolyadék, így a nem megfelelő tisztítása, veszélyt jelenthet a megmunkálógépekre, továbbá a gyártmányok felületminőségére is. Napjainkban sűrűn találkozhatunk gyártókkal, akik a használt és már ülepített hűtőfolyadékot megtisztítják egyfajta szolgáltatási díjért, majd visszaadják azokat újra használatra vagy tovább értékesítik azokat.

A dolgozatom témája alapjául szolgáló ötletemben, a gépipari forgácsot akarom megtisztítani és feldolgozni, hogy termék lehessen, ne pedig hulladék. A gépsor működtetése során, viszont elengedhetetlen a forgács tisztítása. A forgácsra rátapadhat az emulzió, ezért sokáig csak egy tálcás tárolóban szokták pihentetni azt. A pihentetés során az emulzió viszkozitását és a gravitációt kihasználva, a hűtőfolyadék nagyrészt eltávolíthatjuk a forgácsról. A préselés során viszont a fennmaradt folyadék is elválik a forgácsdaraboktól, amit el kell vezetnem és meg kell tisztítanom, egyfajta melléktevékenységként.

Az így visszanyert hűtőfolyadékot pedig egy tisztító, szűrő berendezésen kell átvezetnem, az újrahasznosítás érdekében. Az ülepített, majd ismét megszürt hűtőfolyadék további tisztítása megtörténhet több módon is. Ilyen például a flotálás vagy flokkulálás. Ezen módszerek alkalmazásával viszont csak 20 μm -nél nagyobb, úgynevezett cseppmérettel rendelkező hűtőfolyadékok tisztíthatóak megfelelő hatékonysággal. (Kiss Zs. L., László Zs. 2015.) Amennyiben ennél tisztább vegyületet akarunk előállítani, további módszerek alkalmazását kell véghez vinnünk.



6. ábra Ülepítés

A ma használatos technológiák közül a legelterjedtebb a membránszeparációs tisztítási folyamat, amely két fő szűrő szintre bontható. Az egyik az úgynevezett mikroszűrés, ami 90%-os úgynevezett visszatartási hatékonysággal rendelkezik, a másik pedig az ultraszűrés. Az ultraszűrés a manapság használt leghatékonyabb emulzió tisztítási folyamat, ami a szerves részecskék 99,9%-át képes visszatartani a folyamat elvégzése során.

2.3.4. Transzporterek

A rendszer egyes technológiai egységei között az anyagok továbbítására különböző eszközöket kell alkalmaznom, így fontos áttekintennem szakdolgozatom ezen szakaszában, hogy az egyes anyagokhoz milyen szállítóberendezéseket alkalmazhatok.

A rendszer első eleménél nincs szükség különösebb eszközre, csak egy rozsdamentes acélból készült garatra, ami képes a darálónak továbbítani az alapanyagot. A darált és emulzióval szennyezett forgácsot viszont már nehezebb szállítani így ott egy komplexebb megoldásra van szükség.

Az anyag ilyen jellegű mozgatására egy szállítoszalagos megoldást választok. A kiválasztás során figyelembe kell vennem majd a szállítási terjedelmet és az így fellépő erőket is. A számításokkor meg kell vizsgálni húzásra, nyomásra, nyírásra, hajlításra a kiválasztott szállítoszalagot, továbbá olyan anyagminőséget kell választanom, ami ellenáll az olajos emulzióknak, magas kopásállósággal rendelkezik, továbbá könnyen, magasnyomású levegős fúvatással tisztítható is.

Az ilyen jellegű szállítoszalagok gumi bevonattal és EP textil betettél rendelkeznek. Ezen felül természetesen lehetőség van kordbetétekre és egyéb szálerősítések alkalmazására is, a hosszabb élettartam érdekében.

A préselt forgácsról lekerülő viszkózus emulzió továbbítása surrantón keresztül történik, ami szintén a garatnak megfelelő anyagminőségből készülne.

Az elkészült brikettek a következő daráló állomásra szállítoszalaggal kerülnek mozgatásra. A szállítoszalagos megoldásnak köszönhetően, a lehető legkevesebb veszteséggel tudom az anyagot át transzportálni a következő állomásra.

A briketteket aprító shreddert követően, a szárított forgácsot egy lemezvályúba fogom ejteni. Az ejtést követően pedig úgy szállítom a félkész terméket, hogy a lemezvályú rezonáltatásra kerül egy talpas rezgőmotor segítségével.



7. ábra Talpas rezgőmotor

A rezonancia hatására a forgács nem kupacban, hanem a szállítóelem teljes szélességében szétterülve tud utazni. Erre azért van szükség, hogy a tisztaságát és darált állapotát egy kamerás vizsgálóberendezés segítségével vissza tudja ellenőrizni a rendszer. A malomból kilépve a por a gravitációt felhasználva, ejtve kerül letárolásra és csomagolásra.

2.3.5. *Fémpor gyártó megoldások*

A porkohászat egy olyan tudományterület, amelynek művelése régre tekint vissza, viszont a technológia fejlődésével számos új módszer jelent meg és fejlődött az elmúlt évtizedekben. Az általam fikcionált gyártósor fémpor előállítására fókuszál, amely kivitelezése megfelelő pontosságot és körütekintést igényel. Ennek megfelelően szeretném a lehetséges módszereket megvizsgálni szakdolgozatom ezen részében, hogy a későbbiekben a legmegfelelőbbet választhassam.

A fémporok előállítására számos módszer használható, ilyenek például az őrlő technológiák, a folyékony fémek porlasztása, egyéb fémporok redukálása, fémsó-oldatok elektrolízise, illetve a termikus bontás. (Dr. Tisza M. (1998, 2000, 2002)) Az előállított por szemcsemérete és alakja az alkalmazott technológia típusától nagymértékben függ. Az elérhető szemcseméret tartomány a 0,1-400 μm . Az alapanyag általában színfém, de nemfémes anyagokból és akár ötvözetekből is lehetséges a fémpor készítése. (Fancsaly L., Koncz F., Varga L. 1997.)

A megmunkálásokkal előállított forgácshulladékokat javarészt mechanikus úton porlasztják. (Dr. Tisza M. (1998, 2000, 2002)) Az aprítás módozataként manapság döngölő vagy örvényáramú, rideg alapanyag esetében pedig golyós vagy kalapácsos malmokat használ az ipar. Az ilyen módon elkészíthető szemcsék mérete a 0,02-0,4 mm közötti. (Dr. Balogh A., Dr. Sárvári J., Dr. Shäffer J., Dr. Tisza M. (2003))

Dolgozatomban a mechanikus aprítás módszerét választom, mint fémpor előállítási módszer. Ennek oka, hogy az alapanyagom a mai kor ipara ezen módszerrel porlasztja, továbbá, hogy a bevezetésben felsorolt lehetséges eljárások közül, ez az, ami a legkevésbé terheli környezetünket. A fenntarthatóság jegyében tehát ezzel a módszerrel kell tovább folytatnom a munkát.



8. ábra Kalapácsos őrlő berendezés

A gyártott porokat ezt követően osztályozni kell szemcseméret és alak szerint, illetve felhasználási terület követelményei alapján előfordulhat, hogy keverni is szükséges azt más összetevőkkel. Az előállított anyagot ezt követően csomagolni és tárolni kell, annak érdekében, hogy a környezetet a legkevésbé terhelje. (Dr. Bagyinszki Gy., Dr. Czinege I. 2006.)

2.3.6. *Additív technológia*

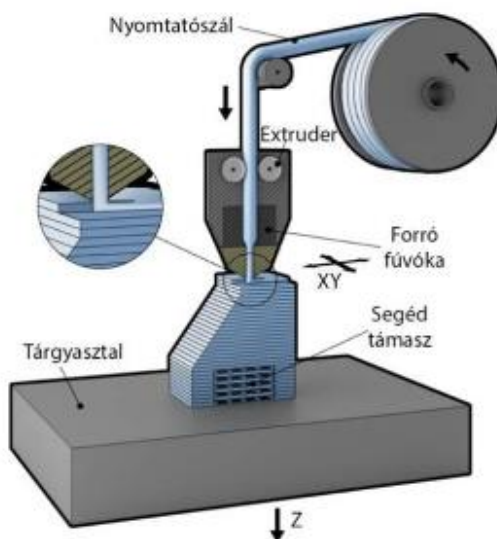
Célom az automata gépsorom megalkotásával a hulladék termékké alakítása. A termékemet pedig az alapján választottam ki, hogy mely ipari terület az, ami a jelen kor technológiája és robbanásszerű fejlődésben van. Így esett a választásom a fémpor kialakítására, amit különböző additív technológiáknál lehet felhasználni.

Az additív technológia nem napjaink szülöttje, de mégis a digitalizáció és az ipar fejlődésével párhuzamosan kezdődött meg széleskörű felhasználása és alkalmazása. Magánemberek és cégek is képesek 3D nyomtatókat vásárolni, üzemeltetni és ezek által alkatrészeket létrehozni. (Balogh B., Kovács P. Z., Szávai Sz. (2020)

A technológia alapja, hogy a CAD szoftverekben megtervezett alkatrészeket a számítógép úgynevezett „layerekre”, rétegekre bontja fel, majd azok mentén a nyomtatóberendezés építi fel azokat. A nyomtatáskor az alapanyag hőre lágyul, majd a folyamatos hűtés következtében kvázi azonnal meg is dermed. Ezt a jelenséget és kölcsönhatást kihasználva képes rétegeket egy nyomtatófej egymásra építeni. A fej mozgatása és-vagy a tárgyasztal mozgatása a CNC-kben is használt technológiák alapján történik. A vezérelt orsók, lineárvezetékek segítségével képes az extrudáló fej bejárni a 3D modellből kiexportált útvonalat, kontúrt.

Az alapanyag és a technológia pontos megválasztása alapján megkülönböztethetünk számos nyomtatási formát, melyek közül a fémporhoz és gyártósoromhoz leginkább kettő kapcsolható. Ez a három az FDM, SLS és a DMLS technológia. (Zakhar, G. (2021)

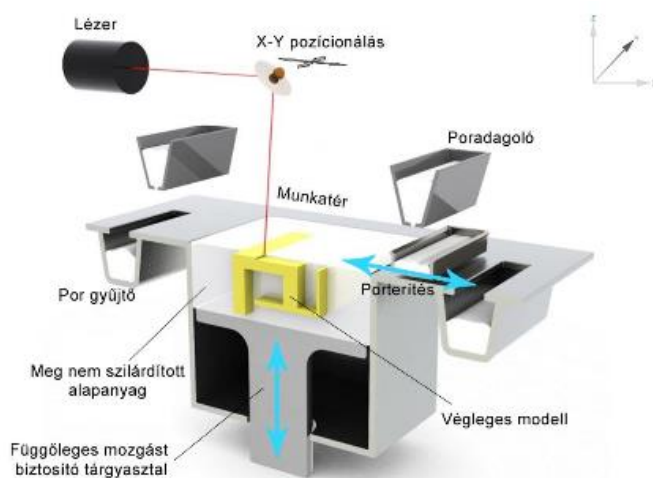
Az FDM nyomtatás során az alapanyag huzal formában érkezik az extruder fejhez. Az alapanyagot görgők húzzák be a nyomtatófejbe, ahol hő hatására az meglágyul. Az előtolás következtében lágy anyagot képes adagolni a nyomtatófej, amely technológia következtében képes a rendszer több réteget is egymásra teríteni és a végén egy szilárd testet ezáltal megalkotni.



9. ábra FDM nyomtatás elvi vázlata

Napjaink egyik vívmánya, hogy a széleskörben elterjedt műanyagnyomtatást ötvözték a fémek tulajdonságaival. Az újdonság alapja, hogy a poliamid szálakba fémport injektálnak. Az FDM eljárás során a poliamid meglágyul, míg a benne található fémpor nem. A létrehozott alkatrész ezen eljárás alkalmazása mellett teljesen más fizikai és mechanikai tulajdonságokkal rendelkezik, mint az általános műanyag társai.

Az SLS technológia jelentése: szelektív lézer szinterezés. Alapjai az 1980-as években kerültek kifejlesztésre Carl Deckard és Joe Deaman által. A korábban kialakított 3D modellt szintén rétegekre kell bontani majd ezen szintekhez bejárási útvonalat kell programozni. Az eljárás során, egy lézersugár által a nyomtatófej megolvasztja a fémport, amely egy kádban helyezkedik el. A megolvadt fémpor azonnal megdermed a hőelvonást követően. A fémporkádban rétegről rétegre képes a nyomtatófej megolvasztani az alapanyagot, így kialakítva a végleges alkatrészt. A szelektív név azért került bele a teljes megnevezésbe, mert a fémpornak hála folyamatos „alátámasztással” rendelkezik a nyomtatandó alkatrész. Nincs szükség alátámasztások vagy ékek nyomtatására, amit a későbbiekben kell eltávolítani majd az alkatrészt utó munkálni, hanem egyből kialakíthatóvá válik a végleges kontúr. Ez a technológia jóval nagyobb pontosságot eredményez, illetve jóval kisebb mennyiségű anyagfelhasználást kíván meg, mint az FDM nyomtatás. A lézer szinterezéssel gyártott alkatrészek tulajdonságai a fröccsöntött társakéhoz konvergálnak. Az alapanyagok általánosan 15-45 μm szemcseméretűek, ami alapján a porkohászatban rég ismert és bevált őrlő technológiák alkalmazása mellett előállítható megfelelő minőségű fémpor.



10. ábra SLS nyomtató felépítése

A DMLS technológia az SLS-el azonos, különbség alapvetően a felhasznált alapanyagokat tekintve van csak. A felhasználni kívánt alapanyag lehet színfém is. Ez az eljárás alapvetően viszont, túlzottan drága, így alkalmazása egyelőre ritka.

2.4. Szabadalomkutatás

Az ötlet egyediségéről és újdonságáról igazán a szabadalomkutatáson keresztül van csak lehetőség meggyőződni. A kutatás egy rendkívül összetett és nagy odafigyelést igénylő feladat, amely különböző adatbázisokon alapszik. A kutatással kapcsolatban, abban biztos lehetek, hogy a felhasználni kívánt technológiák már nem védettek szabadalmi jog által, de az ilyesféle kombinálásuk még hordozhat kötöttségeket, amelyekről a gyártósor megvalósítása előtt mindenképpen meg kell bizonyosodnom.

1. A szabadalomkutatás jellemzően a következő lépésekből áll:
2. Újdonságkutatás,
3. Szabadalmazhatósági vélemény kiállítása,
4. Jogérvényességi kutatás,
5. Szabadalomtisztasági kutatás,
6. Témakutatás,
7. Szabadalomképességi értékelés.

Ezeknek összetettsége és nehézsége arra sarkall, hogy szabadalomkutatással foglalkozó vállalkozásokkal vegyem fel a jövőben a kapcsolatot. Ennek megfelelően a Szellemi Tulajdon Nemzeti Hivatalával és a Danubia cégcsoport munkatársaival szeretnék a jövőben együttműködni. A projekt jelen fázisában még nincs lehetőségem konkrét kutatást kérni így csak a személyes kutatásomra támaszkodhatom.

A tudományos folyóiratok és portálok jelenlegi adatbázisában nem találtam még a szakdolgozatom témájához szorosan kapcsolódó technológiasorra utaló bejegyzést, így azt gondolom, hogy hordozhat magában az ötletem potenciált. A felhasznált forráskutató portálok a következők: Springer Link, Google Scholar, MTMT.

2.5. Összegzés

A szakirodalmi áttekintés során, igyekeztem a kitalált gépsorról és az alkalmazni kívánt technológiákról fontos és naprakész információkat összeszedni. Az áttekintésre a Google

Scholar, MTMT és SpringerLINK keresőmotorjait használtam, amelyekre alapozottan kijelenthető, hogy az általam kigondolt összeállítás innovatív, ehhez hasonló elképzelés még nem rögzített ezidáig ezen adatbázisokban.

3. Technológiai sor összeállítása

A szakirodalmi áttekintés során igyekeztem összeszedni és bemutatni az általam alkalmazni kívánt technológiákat. Ebben a fejezetben szeretném prezentálni, hogy pontosan mely ipari eszközök és koncepciók segítségével lehet megoldani a bevezetésben leírt célkitűzésem.

3.1. Folyamat bemutatása

A feldolgozási folyamat minden esetben az alapanyag érkeztetésével kezdődik meg. Az egyes beszállítóktól különböző követelményeknek megfelelő alapanyag érkezik csak a feldolgozó üzembe, annak érdekében, hogy a produktum magas színvonalat képezhessen a későbbiekben. Ilyen követelmény például:

- használt emulzió adatlapjának megléte,
- használt anyagok minősítésének megléte,
- gyártási folyamat jellemzőinek megléte,
- a forgács keltének időpontja,
- a forgács hulladék tárolásának módjának és jellegének definiálása,
- a forgács hulladék szállításának módja és ideje.

Ezen információk birtokában, definiálható a bemeneti összes paraméter, aminek következtében könnyen elvégezhetők a megfelelő beállítások a gépsoron.

A végtermék minőségének biztosítása és prezentálhatósága érdekében, a feldolgozási folyamattal párhuzamosan megkezdődnek dokumentációs eljárások is. Ezek a háttérben mennek végbe, a feldolgozás során kinyert további információk lejegyzésével együtt.

A folyamat következő lépése az aprítás. Az aprító berendezésbe egy garaton keresztül kell az operátoroknak betöltenie az alapanyagot. Az emulzióval szennyezett forgácsot a gravitáció és a forgómozgás együttes hatásával húzza magába a shredder. A kések között az amúgy is apró hulladékanyag, még kisebb darabokra munkálódik szét, miközben az emulzió átfolyik a meglévő réseken keresztül az alsó transzporter egységre.

Az aprított forgácsot egy szállítóegység segítségével fogom továbbadni a következő fázisra, a zömítésre. Azért szükséges egy tömör szalag alkalmazása, hogy a fluidum és az apró

forgácsdarabok mind eljussanak a következő állomásra. A szalag a visszafordulást követően, több kefés és levegős tisztítson halad keresztül. Alatta kármentő tálca helyezkedik el.

A brikettáló berendezésbe adagolt alapanyagot súlymérést követően zömíti a hidraulikus prés. A folyamat során távozó emulziót egy külön szűrőberendezésbe vezetem át, ahonnan már műanyag tárolókba kerül tovább. A mellékterméket ezt követően logisztikai műveleteknek vetem csak alá, majd újra értékesíthetővé, felhasználhatóvá válik.

A brikett egy szállítószalagon keresztül jut el a következő aprítóig, ahol a lehető legkisebb szemcseméretűre akarom darálni. A darálást befolyásoló paraméterek, mint kés és tengelyszám, szerszám kialakítás a későbbiekben fogom bemutatni.

Ezt követően egy optikai vizsgáló berendezésen járatom át az anyagot. Célom, hogy a forgácsba keveredett esetleges idegen anyagot eltávolíthassam a porképzést megelőzően. Az eltávolításhoz levegős fúvatást akarok kialakítani, amely egy egyszerű szelepvezérléssel működtethető. A kifújt idegentest és darált forgács egyvelegét ezt követően az operátor segítségével szeretném felülvizsgálni. Abban az esetben, ha eltávolította az idegentestet vagy nem is volt a kifújt anyagban, azt manuálisan újra betöltheti az operátor a rendszerbe a szállítópálya felett kialakított nyíláson keresztül.

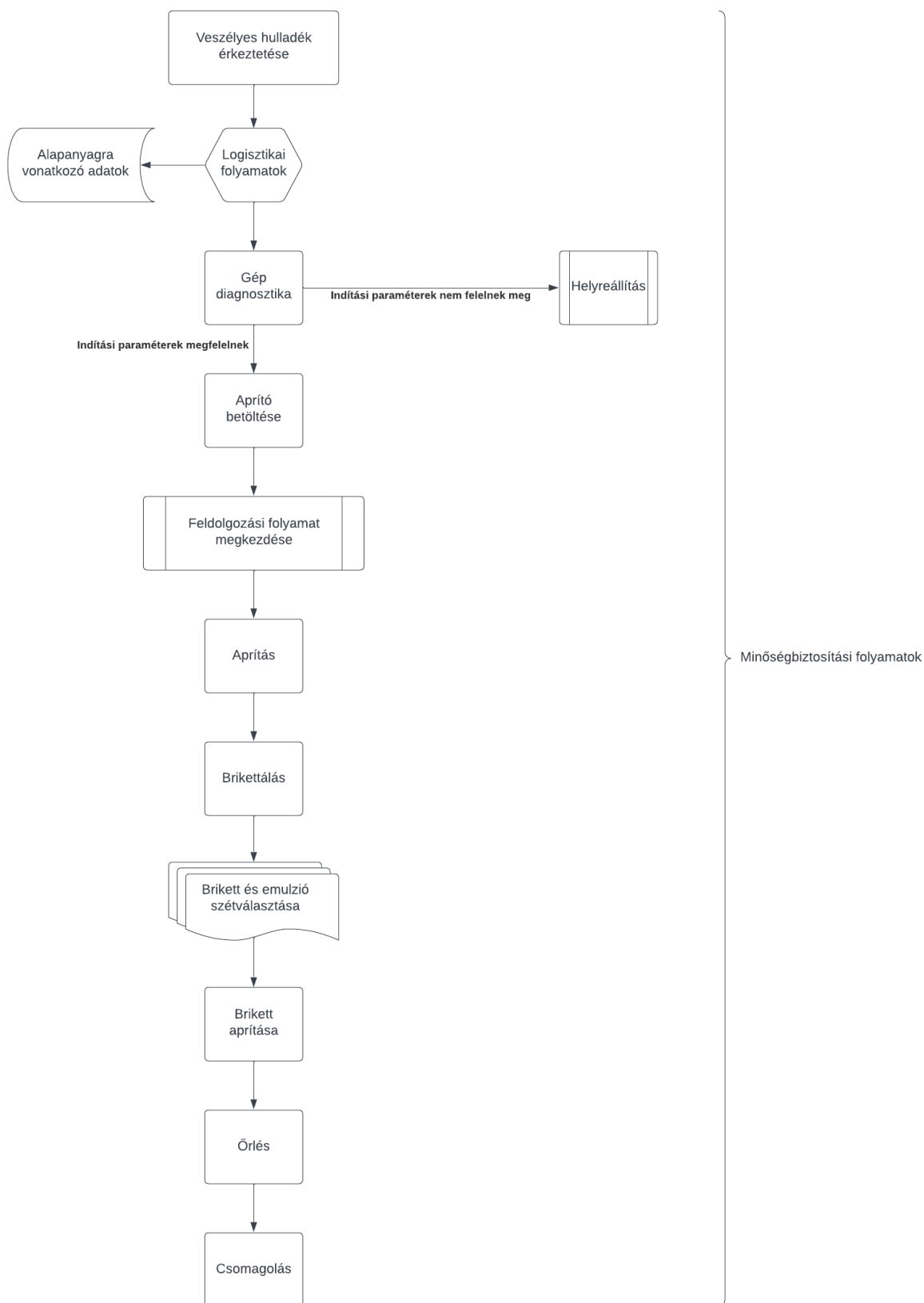
Az anyag transzportálása ekkor egy rezgőmotorral manipulált rozsdamentes lemezen keresztül kerül megvalósításra. A megfelelő anyagáramlás elérése érdekében a lemezt lejteni kell.

A tisztított forgács ezáltal egy gyűjtőgaratba hullik. A garatból egy csiga segítségével adagolható a kellő mennyiségű forgács a kalapácsos őrlőbe. A csiga jellege és a hajtás sebessége determinálja a szállítási kapacitást, amiből időzítő segítségével megfelelő anyagmennyiség juthat az őrlő egységbe.

A kalapácsos őrlő súlymérő üsttel rendelkezik, ezért a beöntött forgács mennyisége ellenőrzésre kerül. Ez az ellenőrzés elengedhetetlen, mert az őrlő túltöltése vagy éppen alul töltése esetén nem megfelelő minőségű őrlemény készülhet. Az őrlést szintén időzítő segítségével kell üzemeltetni, mert az időtartam is komoly befolyással bír a produktum minőségére.

Az elkészült őrleményt az operátor távolítja el a rendszerből, különböző kézi szita rendszerekkel vizsgálva, a minőség garantálása érdekében. Ezt követően elindíthatóvá válik a következő finomítási művelet.

A termék életútjának következő fázisa a gondos csomagolás. A csomagolást munkavédelmi okokból egy elzárt jól szellőztetett területen szükséges elvégezni, manuálisan. Ennek befejeztével következhet a szállítás a végfelhasználó telephelyére.



11. ábra Folyamatábra

3.1.1. Aprítás

A betöltőgaratot rozsdamentes lemezekből alakítom ki, amelyhez egy rezgőmotort szerlek fel. Erre azért van szükség, mert az emulzióval szennyezett forgácshulladék betöltéskor feltapadhat a garat oldalfalaira. Tapasztalataim szerint, ez a kialakítás biztosabb üzemelést biztosít, mint a teflonbevonatos lemezkád.

A betöltés limitálása érdekében, egy maximum jelzővel látom el a garat oldalfalát, amelyhez hozzátársítok egy kapacitív érzékelőt. Ezen szenzorral alapozottan fogom az operátorok figyelmét felhívni a sikeres betöltésre és a maximális mennyiség elérése. A visszajelzés a vezérlőszekrény tetejére felerősített fényoszlopon keresztül történik meg. A maximális értéken kívül azt is folyamatosan vizsgálom, hogy van-e darálendő anyag a garatban. Ennek megfelelően a tengelyek felett egy másik kapacitív érzékelő kerül elhelyezésre.

Természetesen a túltöltés okozta esetleges gépkárosodások elkerülése végett, az előbb leírt kapacitív érzékelő fölé egy másikat helyezek el. Ezen érzékelő visszajelzése hatására megáll a gépsor. A terepi HMI-n erről az operátorok visszajelzést kapnak. A túltöltés okán el kell távolítani a betöltött forgácshulladék maximális szint fölötti részét. Mivel a daráló veszélyesüzemű gépnek számít, ezért a vezérlést úgy akarom kialakítani, hogy a tengelyek hajtásának áramellátása megszakadjon.

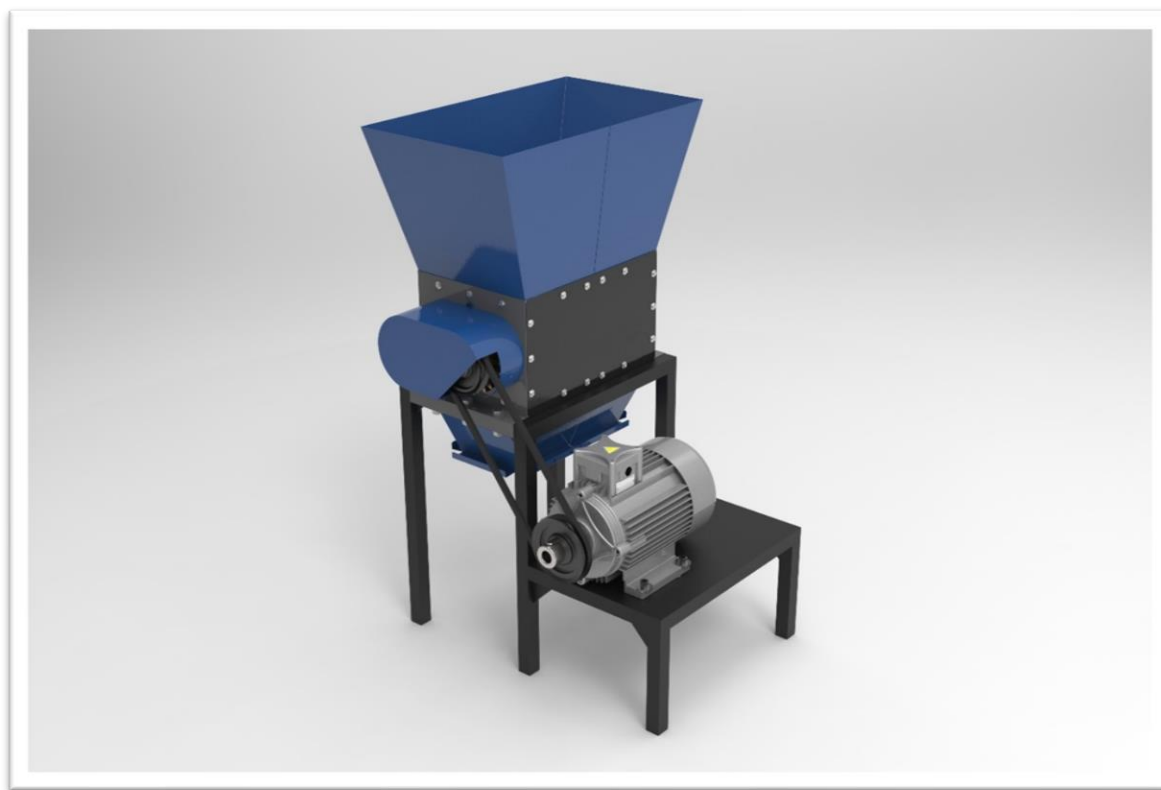
A forgácshulladék első körös aprításához egy egysoros, két tengelyes, fogaskerekeshajtással rendelkező darálót alakítok ki.

A daráláshoz egy nagyteljesítményű, 3,5kW-os háromfázisú AC villanymotort használok, kúpkeres hajtóművel szerelve, amely segítségével nagy nyomaték és alacsony fordulatszám elérése lehetséges. A királytengelyre kapcsolt melléktengely fogaskerékes áthajtással mozgatott. Annak érdekében, hogy az esetleges beszorulásokat és megakadásokat érzékelni lehessen, a két fogaskerék fordulását egy-egy induktív szenzorral követem. A hajtás működtetéséhez frekvenciaváltót alkalmazok.

A produktum tovább szállítása egy folyamatosüzemű szállítószalaggal van megoldva. Ehhez egy háromfázisú AC villanymotorra van szükségem, a hozzá tartozó frekvenciaváltóval szerelve, továbbá egy hajtóműre a megfelelő nyomaték és sebesség kialakítása érdekében. A hajtás ebben az esetben is figyelt, a tengelyre szerelt lemezalkatrész forgásának vizsgálatával. Erre szintén egy induktív érzékelőre van szükségem.

A szállítószalagon az emulzió és a forgács együtt utazik tovább a prés felé. A szalagon utazó anyagegyveleget egy optikai vizsgálatnak vetem alá. Célom, hogy meggyőződjek arról, hogy a szállításba nem keveredett bele idegentest, ami a későbbi feldolgozást megnehezítené, vagy a fémpor minőségét rontaná.

A szalagról lehulló darált forgács és emulzió a következő állomásba, a brikettáló egységbe kerül. Ami viszont fent marad a szalagon, azt kefékkel és levegős lefúvatással fogom a visszaforduló ágon eltávolítani. Ehhez egy 3/2-es monostabil mágnesszelepre és fúvókákra van szükségem.



12. ábra Aprító garattal, szállítószalag nélkül

A pneumatikus energia előállításával szakdolgozatom nem foglalkozik, de a gépsort mindenképpen el kell látnom egy levegőelőkészítő szeleppel. A levegőelőkészítő egységbe egy elektromos nyomáskapcsoló, nyomásfelfuttató szelep és egy szűrő-szabályozó egységet építek be.



13. ábra Összegző ábra

3.1.2. Brikettáló egység

A présbe vezetett anyag egy garaton keresztül csúszik a munkatérbe. A garat szintén rozsdamentes acélból készül és rezonáltatva van egy rezgőmotor által.

A munkatérbe egy súlymérőbélyeg kerül beszerelésre, amely adataira támaszkodva vezérel a pneumatikus munkahengerem által működtetett kapuzó-mechanikát. A kellő töltöttség elérése esetén a pneumatikus szelep vált, ezzel torlaszolva a beáramló anyag elől az utat.

A munkahenger reed-reléekkel ellátott, így a végállások eléréséről, tehát a kapu nyitottságáról vagy zártságáról azonnali visszajelzést kapok. Mivel előfordulhat a kapuzó-mechanika sérülése, aminek következtében a munkahenger végállások között működik, viszont nem zárja az ejtő gátat, így egy safety-switchet építünk be. Ezzel ez a folyamat teljesen kontrolláltá válik.

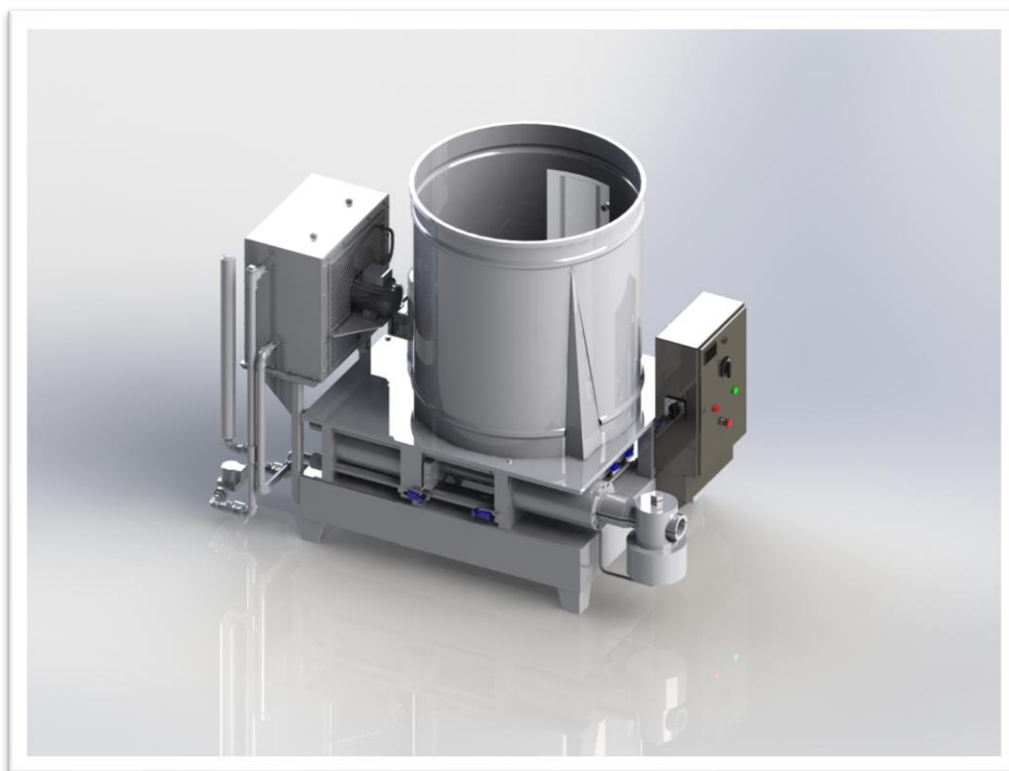
Miután kellő mennyiségű egyveleg kerül a zömítő térbe, a kapu zár és megkezdődik a brikett gyártása. A megfelelő alak elérése érdekében, egy cső szerű egységben végig jár egy hidraulikus munkahenger és a prés pofa. A végállás elérése nem helyzetérzékeléssel, hanem nyomásérzékelővel kerül megállapításra. A zömítés fokát a nyomás mértéke jelzi, így nincs

szükség végállások érzékelésére, csak az alap pozíció jelzése. A prés pofához tartozik egy jeladó is, ami a gépelem helyes rögzített állapotáról ad visszajelzést az operátorok számára. Lazulás vagy esetleges pofa vesztés esetén leállításra kerül a teljes brikettáló egység.

Végállásszenzorból kettő kerül beépítésre, melyek közül az egyik az alaphelyzetről ad visszajelzést, míg a másik egy vészvégállásként funkcionál.

A préselés során elszökő emulzió egy gyűjtőtárba kerül visszavezetésre, amelyhez szűrőberendezések kapcsolnak. Az ott átfolyó és át áramoltatott hűtőfolyadék, abrazív szemcséktől mentes, újra felhasználható állapotú.

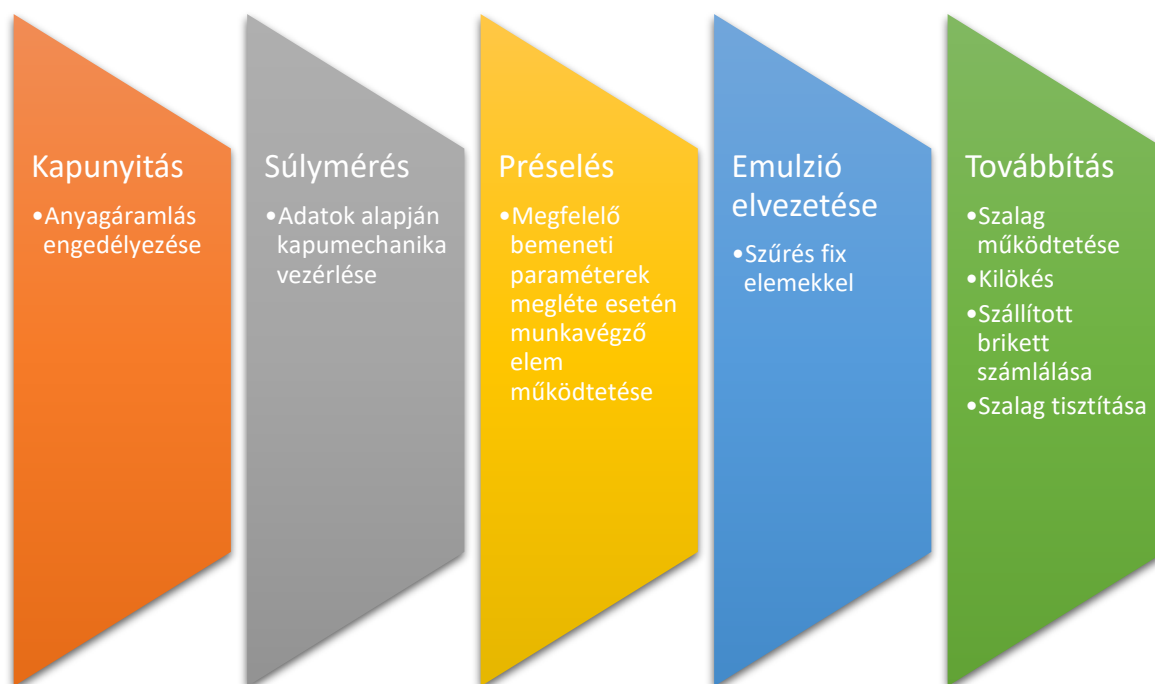
A brikettálás egy olyan szabályozott körfolyamat, amely változtatható térfogatárammal rendelkezik és zárt. Ennek felépítéséhez szükséges egy szivattyú megléte, továbbá két 4/2-es mágnesszelep, nyomásérzékelő és munkavégző henger. Ezen felül, a hidraulikus rendszerbe mindenképpen kell szűrőt is építeni.



14. ábra Brikettáló egység

A kész brikett továbbításra kerül a következő aprító egységhez egy szállítószalag segítségével. A munkahenger alaphelyzetbe állásával a brikett kilökhetővé válik egy oldalajtón

keresztül. A kilökéshez egy pneumatikus munkahengert használunk, amely működtetéséhez egy 5/2-es mágnesszelep beépítése szükséges. A szállítoszalag ebben az esetben egy háromfázisú AC aszinkronmotorral hajtott, rászert hajtóművön keresztül. A hajtáshoz a korábban már ismertetett módon, visszajelzést fogok kapcsolni, ezért ide is egy induktívérzékelőt építünk be. Az elhaladó elemeket nem szükséges optikai ellenőrzés alávetni, de mindenképpen akarok egy számláló funkciót hozzáadni a rendszerhez, aminek okán egy foto-szenzort erősítünk a szállítoszalagpálya oldalfalához. A szalag visszaforduló ágára itt is lehúzókeféket és lefúvató egységeket építünk be. Ehhez szintén tartozik egy szelep, de plusz levegőelőkészítésre már nincs szükség. Az előző előkészítőegységtől ágaztatom le ezt az egységet.



15. ábra Összegző ábra

3.1.3. Fémpor előkészítése

A brikettáló egységből érkező alapanyagot a fémpor készítés előtt mindenképpen aprítanom kell, ezért az előző aprító egységhez hasonló PCM beépítését teszem meg gépsorba.

Az ide érkező alapanyag adagolásához nincs szükség rezgőmotorral szerelt rozsdamentes garatra, csak egy csúszólemeze, amin a brikett bekerülhet az aprító egyes tengelyei közé.

A megfelelő szemcseméret kialakítása érdekében jelen esetben egy kétsoros öt tengelyes shreddert építék be. Így lehetőségem van a kétszintes aprítás kialakítására.

A mechanika felépítése azonos a korábban bemutatottal; 3,5 kW-os AC aszinkronmotor kúpkeres hajtóművel szerelve működteti a királytengelyt, amelyhez fogaskerékes áthajtások kapcsolódnak, ezzel elérve az 5 tengely egyidejű, de eltérő irányú forgását.

A motorhoz kapcsolódóan frekvenciaváltót illeszték a vezérlőszekrénybe, mint korábban. Az egyes tengelyek forgását itt is induktív szenzorokkal szeretném vizsgálni, annak érdekében, hogy minden megakadás, fogtörés azonnal érzékelhető legyen az operátorok számára.

Az aprítást az érkező brikett jele indítja. Amint behullik a shredderbe a brikett, a kieső forgácsaprólék mennyisége alapján kerül leállításra a hajtás.

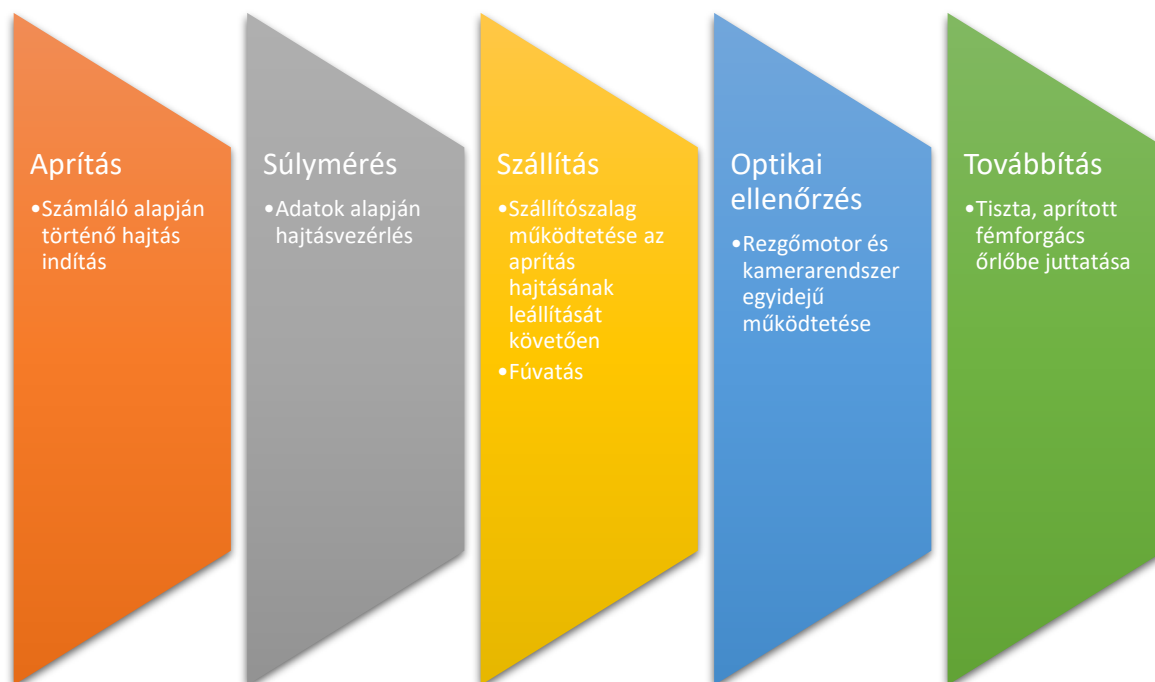
A kihulló forgács egy szállítószalagra hullik, amelybe egy súlymérő bélyeg van beépítve. A várt súly elérését követően, jelet ad a rendszer a szállítószalagnak, amely az anyagot egy acél csúszólemezre továbbítja. A szállítószalag visszaforduló ága ebben az esetben is tisztításra kerül, kefével és levegős fúvatással. Ehhez itt is fúvókákra és egy mágnesszelepre van szükségem.

A rozsdamentes acél csúszólemez a korábban már alkalmazott technikához hasonlóan itt is rezgőmotorral van szerelve. A rezonáltatás és a csúszólemez lejtése okán az anyagáram széthúzható, aminek köszönhetően optikai vizsgálatnak lehet alávetni.

Az optikai vizsgálat során idegentest és nagyobb darabok jelenlétét tudja kiszűrni a rendszer. Eltérés detektálása esetén, pneumatikus fúvatással távolítom el a kérdéses elemeket.

Ezen kifúvott elemek egy műanyag tárolódobozba hullanak a pályatest alá, ahonnan az operátor saját felelősségeként újra betölthet az eltérő anyagokat, természetesen csak a manuális felülvizsgálatot követően.

Az apróradarált forgács így jut el az utolsó berendezésig, amely egy kalapácsos őrlő egység.



16. ábra Összegző ábra

3.1.4. Őrlő berendezés

Az aprítóberendezésből érkező tisztított forgács hulladék egyenesen az őrlőberendezés üstje fölé elhelyezett garatba hullik.

A garatba egy csiga kerül elhelyezésre, amely forgatásával elérhető az egyenletes adagolás a feldolgozó üstbe. A hajtás egy háromfázisú kisteljesítményű AC motorral történik, melyhez frekvenciaváltót kapcsolok. A hajtás működéséről egy induktív szenzor ad visszacsatolást a vezérlés számára, a korábban is már ismertetett módon.

Az üst rendelkezik súlymérőbéllyeggel és minimum, illetve maximum szintérzékelésre használt kapacitív szenzorokkal. Az üst teteje egy, a korábban már bemutatott kapuzó-mechanikával működő ajtóval rendelkezik. Egy munkahenger nyitja majd zárja a betöltőnyílását a rendszernek.

Amint elfogy az aprított forgács és a minimum jelző felett van a rendszer töltöttsége, vált a mágnesszelep, záródik az ajtó a megfelelő O-gyűrű segítségével pedig kialakítja a kellő tömítettségét az őrlőüstnek.

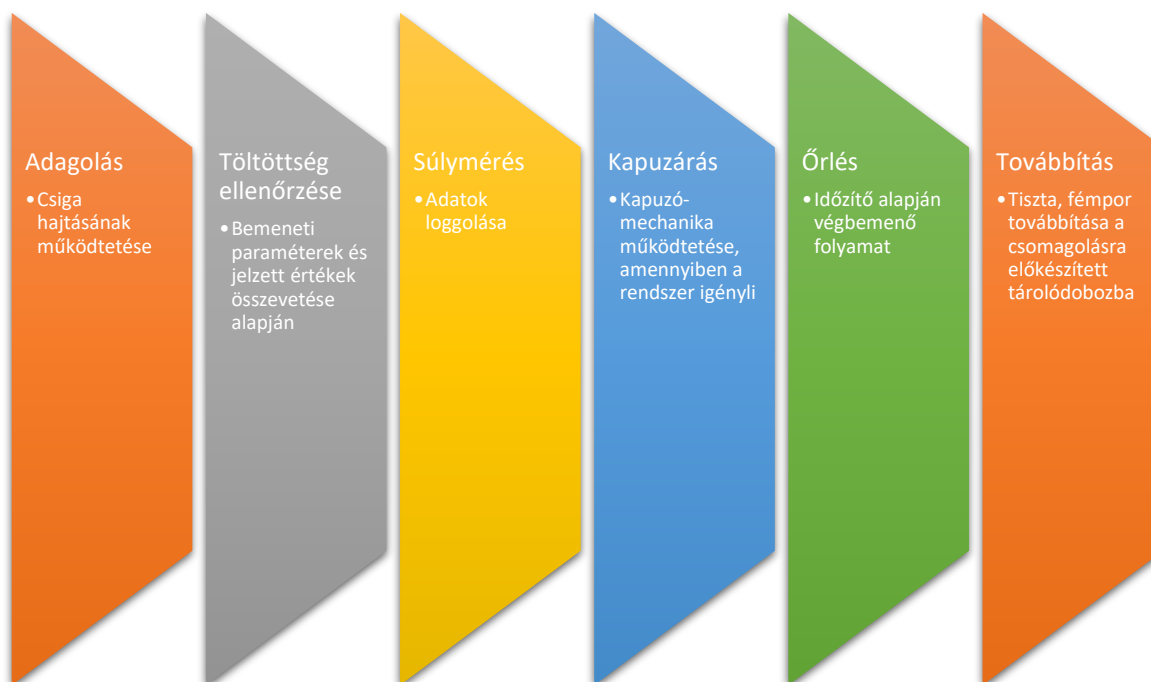
A zártságot egy safety-switc által fogom ellenőrizni. Zártsági állapot visszajelzése esetén, megkezdődik az elkülönített blokk működése. A blokk reteszeltető zárral ellátott

burkolatokkal rendelkeznek, továbbá megfelelő elszívóberendezéssel, annak érdekében, hogy ne alakuljon ki, az operátorokra káros fémporos atmoszféra a gyártósoron belül.



17. ábra Kalapácsos őrlő

Az őrlő időzítővel működtetett, tapasztalati adatokra alapozottan. A működés a kalapácsos őrlő berendezésekre jellemző módon történik. Az idő lejártával elkészült a kellő finomsággal rendelkező fémpor, amely ezután egy csúszólemez segítségével végső pozíciójába kerül. Innen, a megfelelő levegőminőség esetén egy operátor veszi el és szállítja tovább a csomagoló területre.



18. ábra Összegző ábra

A feldolgozási folyamat ezzel a lépéssel a végéhez ér.

3.2. Vezérlés jellemzői

A rendszer komplexitása odafigyelést is szakértelmet kíván a vezérlés kialakítása során. Az érzékelő elemek beépítésétől és azok működtetéséből adódik, hogy a jelcsere hatására állandó szabályozás lép életbe. A kapott jelek függvényében az egyes rendszerelemek működtetése és jellemzőik módosítása történik, automatán. Ezen jellemző alapján az egyes PCM-ek szabályozása önműködő.

A teljes rendszer hatásláncát vizsgálva elmondható, hogy a használt segédenergia eseteként pneumatikus, más esetben villamos áram vagy akár hidraulika eredetű is lehet. A kialakított rendszer I/O-inak összesítését a következő táblázatban szeretném szemléltetni, mely alapja a budget árazásomnak is.

1. táblázat IO lista

Szerkezeti egység	Alkalmazni kívánt elem megnevezése	Darabszám
Alap elemek	kapcsolószekrény	1 db
	fényoszlop	1 db
	terepi HMI	1 db
	tokozott vészgomb	4 db
Levegőelőkészítő	elektromos bekapcsoló szelep	1 db
	nyomásmérő	1 db
	kézi bekapcsoló szelep	1 db
	nyomásőr	1 db
Aprító	rezgőmotor	1 db
	rezgőmotor vezérlő elem	1 db
	kapacitív érzékelő	3 db
	3,5 kW villanymotor AC	1 db
	frekvenciaváltó 3,5 kW hajtáshoz	1 db
	induktív érzékelő	3 db
	kisebb teljesítményű AC villanymotor	1 db
	frekvenciaváltó kisebb teljesítményű motorhoz	1 db
	kamera+vezérlő	1 db
	3/2 monostabil mágnesszelep	1 db
Brikettáló egység	rezgőmotor	1 db
	rezgőmotor vezérlő elem	1 db
	súlymérő bélyeg	1 db
	5/2 monostabil mágnesszelep	2 db
	közelítéskapcsoló	4 db
	safety-switch	1 db
	induktív érzékelő	1 db
	kisebb teljesítményű AC villanymotor	1 db
	frekvenciaváltó kisebb teljesítményű motorhoz	1 db
	foto-szenzor	1 db
Hidraulikus prés	3/2 monostabil mágnesszelep	1 db
	szivattyú	1 db
	nyomásérzékelő	2 db
	közelítéskapcsoló	2 db
	4/2 diagnosztizálható szelep	2 db
	induktív érzékelő	1 db

2. táblázat IO lista

Szerkezeti egység	Alkalmazni kívánt elem megnevezése	Darabszám
Fémpor előkészítés	3,5 kW villanymotor AC	1 db
	frekvenciaváltó 3,5 kW hajtáshoz	1 db
	induktív érzékelő	5 db
	foto-szenzor	1 db
	kisebb teljesítményű AC villanymotor	1 db
	frekvenciaváltó kisebb teljesítményű motorhoz	1 db
	súlymérő bélyeg	1 db
	3/2 monostabil mágnesszelep	2 db
	rezgőmotor	1 db
	rezgőmotor vezérlő elem	1 db
	kamera+vezérlő	1 db
Örlő	kisebb teljesítményű AC villanymotor	1 db
	frekvenciaváltó kisebb teljesítményű motorhoz	1 db
	induktív érzékelő	1 db
	kapacitív érzékelő	2 db
	súlymérő bélyeg	1 db
	5/2 monostabil mágnesszelep	1 db
	közelítéskapcsoló	2 db
	safety-switch	1 db
	reteszeltető mágneses zár	2 db
	levegő minőségének vizsgáló berendezése	1 db
	nagyobb teljesítményű AC villanymotor	1 db
	frekvenciaváltó nagyobb teljesítményű motorhoz	1 db
Elszívó berendezés	kisebb teljesítményű AC villanymotor	1 db
	frekvenciaváltó kisebb teljesítményű motorhoz	1 db
	induktív érzékelő	1 db
Összesen		82 db

A gépsor beüzemelése és üzemeltetése különböző üzemmódokat kíván meg. Ennek megfelelően kialakításra kerül egy beüzemelő, szerviz és automata üzemmód. A beüzemelő üzemmód során az egyes hajtások, lassított sebesség mellett működtethetők, amely során az egyes szenzorok működését könnyen vizsgálni lehet, továbbá beállíthatók ezáltal alaphelyzetek is. A szerviz üzemmód egy olyan állapot, amiben az egyes funkciók tesztelhetők, gépelemek beállíthatók. Ezen üzemmódban a hajtások lassított sebességgel működtethetők a megfelelő biztonság fenntartása érdekében. Az automata üzemmód során pedig rögzített sebességgel, időzítőkkel és egyéb beállítások, élesen üzemel a gépsor.

A kommunikációs csatorna kialakítása során a beépítendő gépelemek alapvető jellemzőit vettem figyelembe. Az általam kiválasztott elemek javarésze a SICK-től és a FESTO-tól megvásárolható kereskedelmi tételek, amelyek mindegyike képes profineten keresztül kommunikálni. A csatorna megválasztásánál viszont nem ezen érzékelők és egyéb elemek jellemzői voltak a döntőek, hanem az optikai vizsgáló egységeket.

Az egyes kamerás vizsgálóegységek vagy OMRON vagy KEYENCE típusú készülékek. Azért ezen gyártók termékeit vizsgáltam csak meg, mert ezekkel van személyes tapasztalatom. Az OMRON alapvetően etherCAT-et preferál, aminek okán egy gateway-t kellene alkalmaznom a rendszeren belül, míg a KEYENCE a profinet-es kommunikációs csatornára épít.

Ugyan az eszközök külön vezérléssel rendelkeznek, tehát nincs alapvető szükség az azonos kommunikációs csatorna kialakítására, én a meglévő tapasztalataimra alapozottan inkább a KEYENCE eszközt választom és így, egy tisztán profineten alapuló kommunikációs csatornát építek ki a gépsoromban, gateway-ektől mentesen.

A meglévő eszközök számainak, a gépsor veszélyességének okán és kommunikációs csatorna megválasztásnak függvényében egy SIEMENS típusú PLC választása mellett döntök. A választott PLC egy Siemens ET200SP biztonsági PLC és DI/DO kártyái (48DI, 32DO, 32FDI, 8FDO) valamint egy 4xIOLink kártya. Ezen összeállítással képes leszek a 80 darab eszközöm kezelni, megfelelő gyorsasággal és kommunikációs biztonsággal.

4. Gazdasági számítás és megtérülés vizsgálata

A korábban részletezett és bemutatott gépsor fejlesztése sok tőkét vesz igénybe. Ennek az összegnek a minél pontosabb megközelítése érdekében, a korábban bemutatott villamos anyagok jegyzékén kívül össze kell szednem az egyéb költségeket, mint például az anyagköltség, megmunkálási és felületkezelési díjak, továbbá az egyéb tételeket, mint fejlesztési díj és egyéb.

4.1. Villamos anyagok

A villamos elemek összegzése a korábbiakban megtörtént. Az ezekhez rendelt közelítő költségeket a következő lista tartalmazza. Ezeket a Balluff, Pepperl Fuchs, Powerbelt weboldalakon feltüntetett árlistákra alapozottan írtam be.

3. táblázat Árjegyzék

Szerkezeti egység	Alkalmazni kívánt elem megnevezése	Darabszám	Darabár	Összesen
Alap elemek	kapcsolószekrény	1 db	7 500 000 Ft	7 500 000 Ft
	fényoszlop	1 db	45 000 Ft	45 000 Ft
	terepi HMI	1 db	650 000 Ft	650 000 Ft
	tokozott vészgomb	4 db	15 000 Ft	60 000 Ft
Levegőelőkészítő	elektromos bekapcsoló szelep	1 db	75 000 Ft	75 000 Ft
	nyomásmérő	1 db	50 000 Ft	50 000 Ft
	kézi bekapcsoló szelep	1 db	65 000 Ft	65 000 Ft
	nyomásór	1 db	75 000 Ft	75 000 Ft
Aprító	rezgőmotor	1 db	85 000 Ft	85 000 Ft
	rezgőmotor vezérlő elem	1 db	65 000 Ft	65 000 Ft
	kapacitív érzékelő	3 db	23 000 Ft	69 000 Ft
	3,5 kW villanymotor AC	1 db	97 000 Ft	97 000 Ft
	frekvenciaváltó 3,5 kW hajtáshoz	1 db	65 000 Ft	65 000 Ft
	induktív érzékelő	3 db	12 000 Ft	36 000 Ft
	kisebb teljesítményű AC villanymotor	1 db	75 000 Ft	75 000 Ft
	frekvenciaváltó kisebb teljesítményű motorhoz	1 db	45 000 Ft	45 000 Ft
	kamera+vezérlő	1 db	3 500 000 Ft	3 500 000 Ft
	3/2 monostabil mágnesszelep	1 db	45 000 Ft	45 000 Ft
Brikettáló egység	rezgőmotor	1 db	85 000 Ft	85 000 Ft
	rezgőmotor vezérlő elem	1 db	65 000 Ft	65 000 Ft
	súlymérő bélyeg	1 db	25 000 Ft	25 000 Ft
	5/2 monostabil mágnesszelep	2 db	50 000 Ft	100 000 Ft
	közelítéskapcsoló	4 db	12 000 Ft	48 000 Ft
	safety-switch	1 db	35 000 Ft	35 000 Ft
	induktív érzékelő	1 db	12 000 Ft	12 000 Ft

4. táblázat Árjegyzék

Szerkezeti egység	Alkalmazni kívánt elem megnevezése	Darabszám	Darabár	Összesen
Brikettáló egység	kisebb teljesítményű AC villanymotor	1 db	35 000 Ft	35 000 Ft
	frekvenciaváltó kisebb teljesítményű motorhoz	1 db	12 000 Ft	12 000 Ft
	foto-szenzor	1 db	60 000 Ft	60 000 Ft
	3/2 monostabil mágnesszelep	1 db	45 000 Ft	45 000 Ft
Hidraulikus prés	szivattyú	1 db	150 000 Ft	150 000 Ft
	nyomásérzékelő	2 db	60 000 Ft	120 000 Ft
	közelítéskapcsoló	2 db	12 000 Ft	24 000 Ft
	4/2 diagnosztizálható mágnesszelep	2 db	75 000 Ft	150 000 Ft
	induktív érzékelő	1 db	12 000 Ft	12 000 Ft
Fémpor előkészítés	3,5 kW villanymotor AC	1 db	25 000 Ft	25 000 Ft
	frekvenciaváltó 3,5 kW hajtáshoz	1 db	50 000 Ft	50 000 Ft
	induktív érzékelő	5 db	12 000 Ft	60 000 Ft
	foto-szenzor	1 db	60 000 Ft	60 000 Ft
	kisebb teljesítményű AC villanymotor	1 db	35 000 Ft	35 000 Ft
	frekvenciaváltó kisebb teljesítményű motorhoz	1 db	12 000 Ft	12 000 Ft
	súlymérő bélyeg	1 db	25 000 Ft	25 000 Ft
	3/2 monostabil mágnesszelep	2 db	45 000 Ft	90 000 Ft
	rezgőmotor	1 db	85 000 Ft	85 000 Ft
	rezgőmotor vezérlő elem	1 db	65 000 Ft	65 000 Ft
	kamera+vezérlő	1 db	3 500 000 Ft	3 500 000 Ft
Órló	kisebb teljesítményű AC villanymotor	1 db	35 000 Ft	35 000 Ft
	frekvenciaváltó kisebb teljesítményű motorhoz	1 db	12 000 Ft	12 000 Ft
	induktív érzékelő	1 db	12 000 Ft	12 000 Ft
	kapacitív érzékelő	2 db	65 000 Ft	130 000 Ft
	súlymérő bélyeg	1 db	25 000 Ft	25 000 Ft
	5/2 monostabil mágnesszelep	1 db	75 000 Ft	75 000 Ft
	közelítéskapcsoló	2 db	12 000 Ft	24 000 Ft
	safety-switch	1 db	35 000 Ft	35 000 Ft
	reteszeltető mágneses zár	2 db	165 000 Ft	330 000 Ft
	levegő minőségének vizsgáló berendezése	1 db	45 000 Ft	45 000 Ft
	nagyobb teljesítményű AC villanymotor	1 db	25 000 Ft	25 000 Ft
	frekvenciaváltó nagyobb teljesítményű motorhoz	1 db	50 000 Ft	50 000 Ft
Elszívó berendezés	kisebb teljesítményű AC villanymotor	1 db	35 000 Ft	35 000 Ft
	frekvenciaváltó kisebb teljesítményű motorhoz	1 db	12 000 Ft	12 000 Ft
	induktív érzékelő	1 db	12 000 Ft	12 000 Ft
Összesen		82 db		18 826 000 Ft

A villamos anyagok közül hiányzik a kábelek díja. Ezek viszonylag magas költséget képviselnek, ezért ezt csak közelíteni tudom, korábbi hasonló kaliberű projektjeimre alapozottan.

A pneumatikus elemek, érzékelő és motorok kábelei körülbelül 750.000 forintba kerülnek. Ezáltal a villamos tételek teljes díja: 19 576 000 forint.

4.2. Anyag- és eszközlista

A villamos tételeken és mágnesszelepeken kívül, számos lemezből, forgácsolt elemből készült alkatrész, tartó és összekötőelem kerül kialakításra a megvalósítás során. Ezeknek az összege minden esetben közelíthető csak, megfelelő kalkuláló szoftver hiányában.

A megközelítés elveként az egyes alkatrészek méreteiből súlyt kalkulálok, ami egységár számításom segíti. Az alkatrészek komplexitása szintén ár módosító tényező így az alapján igyekszek megközelíteni a valós bekerülésköltségeket.

Az alkatrészeket valósággal lehetetlen előre mind besaccolni, így én funkciócsoportokat áraztam be. A következő táblázat egy példa a kidolgozott táblázataimból. A teljes rendszerre kalkulált anyag és eszköz ár: 14 430 000 forint.

5. táblázat Funkció csoport

Funkciócsoport	Alkatrészek	Becsült ár
Aprító	lemezgarat	3 650 000 Ft
	szenzortartók	
	motortartó	
	kábelcsatorna	
	aprítóház oldalfalak	
	tengelyek	
	szerszámok	
	csapágyak	
	kötőelemek	
	fogaskerekek	
	hajtómű	
	gépváz alumínium profilokból	
	géplábak	
	kúpos szorítók	
	tengelykapcsoló	
	fúvókák	
	feszítőelemek	
	szállítószalag	
	szállítópálya test (lemez)	

4.3. Fejlesztés összesítése

A gépsor fejlesztésének van pár bemeneti feltétele. Ilyen például a fejlesztéshez szükséges szoftverkörnyezet, továbbá az ahhoz tartozó hardver is. Ezeket szintén muszáj összegeznem, mint önköltség, illetve a villamos dokumentáció elkészítésére is kell egy bekerülési díjat kalkulálnom.

A mérnöki munkadíjat a mernokvagyok.hu díjszabási rendszere alapján végeztem el. Ez a költség feltételes, hiszen ennek kifizetése nem kötelességem, úgy is dönthetek, hogy saját befektetésemként ingyen végzem el a munkát. Mivel alapvetően szeretném, hogy ez a projekt megvalósulhasson, így úgy végzem a számításokat, hogy a fejlesztési díjat nem adom hozzá a teljes költséghez.

6. táblázat Fejlesztési költségek

Megnevezés	Mennyiség	Költség
Autodesk product design & manufacturing	1 csomag	1 505 600 Ft
Lenovo P1 working station	1 db	979 999 Ft
3 hónap mérnöki munka - MMK	480 óra	2 153 000 Ft
Villamos dokumentáció	1 csomag	2 000 000 Ft
Összesen		6 638 599 Ft

A fejlesztés összköltségét az előzőekben bemutatott részköltségekre alapozottan kalkuláltam. Ezt szintén táblázatosan foglalom össze. A kép enyhén árnyalt, mivel nincs beleszámolva cégalapítás, jogosítványok megszerzése, épület bérlete, rezsi és egyéb költségek. Ezek még növelhetik a megvalósítás teljes költségvetését, de szakdolgozatom azon tételek összegzésével nem foglalkozik.

7. táblázat Költség csoportok

Költség csoport	Költség
Villamos anyagok	19 576 000 Ft
Anyagok és eszközök	14 430 000 Ft
Fejlesztés	4 485 599 Ft
Összköltség	38 491 599 Ft

A teljes gépsor fejlesztése a korábbiakban leírtak alapján, megközelítőleg 40 millió forintba kerül.

4.4. Megtérülés vizsgálata

A 40 000 000 forintos költség megtérülése sarkalatos pontja a zöld technológiának. Ugyan környezetünk profitálhatna működéséből, de sajnos világunkban továbbra sem ez a megfontolás a döntő.

A megtérülés kiszámításaként több tényezőt veszek alapul.

Az ipari hulladék mennyisége évről évre növekvő tendenciát mutat a KSH adatai szerint. Természetesen a COVID-19 erre is hatással volt, ezért egy enyhe megtorpanás látható a 2021-es évben, de ez körülbelül csak 5%-os visszaesést jelent. Erre alapozottan kijelenthető, hogy a technológiának van piaca, így lehet számítani megtérülést.

Általános amortizációként 8%-os veszteséget kalkulálok, amit függvényként a kamatos kamat elvén tudok bevinni a számító excel táblázatomba, mint negatív tényező.

A gépsor teljesítménye lényegében a fémpor őrlő berendezéstől függ. Ennek kiszámítása, közel lehetetlen a jelenlegi stádiumban, de megközelíthető más gyártók teljesítménye alapján. Mivel a gyártók 0,5-2 kg/óra gyártási kapacitást írnak termékeik specifikációjában, így úgy közelítem meg a várható teljesítményt, hogy a két érték közé saccolom sajátom. Az általam konstruálandó gépsor teljesítménye így ~ 1 kg fémpor óránként.

A fémpor kilogrammonkénti ára szór az alapanyag minőségének függvényében. Mivel az általam készített fémpor újrahasznosított, szennyezőktől ezért nem lehet a piac jelenlegi működése szerint a legdrágább anyagok közé sorolni. Ennek megfelelően az átlag fémpor árhoz kapcsoltam a gépsorom produktumának költségét.

Az üzemeltetési költségbe beletartozik a kezelőszemélyzet, az adózás, üzemi terület bérlete és anyagigazgatási költség is. Ez szintén csak megközelíthető, így erre is egy fiktív összeg került beírásra. A beruházás megtérülése az alábbi táblázatban látható idő alatt esedékes.

8. táblázat Megtérülés

Tétel	Költség	Egyszeres költség	Évente ismétlődő költség
Gépsor	40 000 000 Ft	40 000 000 Ft	- Ft
Amortizáció	4%	- Ft	1 600 000 Ft
Gyártott fémpor (kg)	12 500 Ft	- Ft	24 000 000 Ft
Üzemeltetési költség	13 500 000 Ft	- Ft	13 500 000 Ft
Alapanyag (kg)	53 Ft	- Ft	101 760 Ft
Első éves költség	- Ft	- Ft	31 201 760 Ft
Éves profit második évtől	- Ft	- Ft	8 798 240 Ft
Megtérülési idő			4,5 év

5. Összefoglalás

A szakdolgozatomként bemutatott feladatmegoldásom során számos akadállyal küzdöttem meg, illetve rengeteg új dolgot ismerhettem meg.

Feladatom egy olyan technológiai sor koncepciójának létrehozása volt, amely képes a veszélyeshulladékként érkező gépipari forgácsot a feldolgozási folyamat során, terméké alakítani, úgy, hogy a környezetünket a legkevésbé terhelje a működés során.

A feladatmegoldás során megvizsgáltam a feldolgozáshoz szükséges technológiákat, amelyeket egyesével részletesen be is mutattam. A bemutatás során külön figyelmet fordítottam arra, hogy az egyes folyamatokhoz alkalmazni kívánt gépek olyan kialakítását vizsgáljam meg, amelyek a környezetünket a legkevésbé terhelik. Így alakult hát, hogy a forgács tisztításhoz és kezdeti megmunkálásához például egy hidraulikus prést választottam ki, illetve, hogy a fémpor előállításához mechanikus őrlő berendezés kialakítása mellett döntöttem.

A technológiák részletes ismertetését követően a gépsort funkciócsoportokra bontottam. Az egyes részegységeket ezt követően részletesen kidolgoztam. A kidolgozás során gépcsoportonként egy-egy ábrával és egy-egy folyamatábrával szemléltettem a leírt működési elvet. Az automata üzemeléshez szükséges eszközöket és munkavégző elemeket minden egység esetében feltüntettem, annak érdekében, hogy a későbbiekben könnyen árazhatóvá tegyem a koncepciót.

Az egyes gépegységek leírását a vezérlés felépítésének bemutatásával zártam, amely során kiválasztottam a központi PLC egységet is.

Ezután elvégeztem a koncepció bekerülési költségeinek összegzését, amelyre alapozottan később megvizsgáltam a gépsor megtérülését is. A megtérülési vizsgálat eredményül azt kaptam, hogy a beruházás 4,5 évet követően térül meg.

A koncepcióként vázolt gyártósor egy termelékeny, környezettudatos megoldássá vált az oldalak múlása során, amely rengeteg jelenleg is használt technológiát ötvöz. Az eredményül kapott gépsor egy olyan automataüzemmel működtethető elgondolás, amely a veszélyeshulladékot képes fenntartható alapanyaggá alakítani.

Véleményem szerint az általam elért eredmény, egy olyan innovatív gépsor gondolata, amely profitábilis mind materiális oldalát tekintve, mind pedig a mai és jövő generációk életkörülményeit tekintve.

6. Jövőbetekintés

A jövőben szeretném megvalósítani a gépsort ehhez viszont befektetőkre van szükségem. A megvalósítás érdekében, szeretnék több olyan rendezvényre ellátogatni, amelyeken potenciális támogatókra bukkanhatok.

A projekt megvalósíthatósága érdekében, szeretnék támogatásokat igénybe venni. A gyártósor kifejlesztése és bekerülési költsége jelentős, ezért befektető céget keresek vagy az európai Unió, vagy a Magyar Kormány által kiírt pályázatok egyikét szeretném elnyerni. A pályázatokat az europa.eu/funding-tenders weboldalon vagy a nkfih.gov.hu/palyazoknak/palyazatok/aktualis-felhivasok URL címen keresztül lehet elérni.

A megvalósítást követően pedig szeretném alaposan megvizsgálni a gépsor fejlesztési lehetőségeit, amelyekkel a termék minőségét, továbbá a gyártósor termelékenységét tudnám javítani.

Ilyen fejlesztési irány például a dupla őrlő egység kialakítása a gépsor végén, vagy a kalapácsosőrlőtől való eltérő mechanikus porkészítő technológia integrálása.

7. Summary

During writing my thesis I faced many obstacles and got to know a lot of new things.

My task was to create the concept of a technological line capable of turning machine industry shavings, which turns from hazardous waste into product during the process, in a way that places the least burden on our environment during operation.

During the task solution, I examined the technologies required for processing, which I presented in detail one by one. During the presentation, I paid special attention to examining the design of the machines to be used for each process, which would have the least burden on our environment. This is how I chose, for example, a hydraulic press for the cleaning and initial processing of the chips, and that I decided to develop a mechanical grinding device for the production of metal powder.

After a detailed description of the technologies, I divided the machine line into function groups. Then I worked out the individual groups in detail. During the development, I illustrated the described operating principle with one figure and one process diagram for each group of machines. The tools and working elements required for automatic operation have been highlighted for each unit, in order to make the concept easy to price later on.

I concluded the description of the individual machine units by presenting the structure of the control, which I also selected the central PLC unit.

Then, I summarized the initial costs of the concept, on which I based later the profitability of the machine line. As a result of the payback study, it turned out that the investment will pay for itself after 4.5 years.

The production line presented as my concept has become a productive, environmentally conscious solution over the course of the pages, which combines a lot of technologies that are already used nowadays. The machine has automatic operation, which can transform hazardous waste into sustainable raw material.

In my opinion, the result I have achieved is an innovative production line that is profitable both in terms of its material side and in terms of the living conditions of today's and future generations.

8. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném megköszönni témavezetőmnek, Dr. Földi László Józsefnek a segítségét és támogatását, amely nélkül ez a dolgozat nem jöhetett volna létre, továbbá Dr. Jánosi Lászlónak a folyamatos figyelmét, tanácsait a tanulmány elkészítése során.

Szeretném továbbá megköszönni kollégámnak Schneider Tamásnak is áldozatos munkáját, építő kritikáit, amelyek jelentősen formálták szakdolgozatomat a hónapok folyamán.

9. Nyilatkozatok

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Tóth Dávid
A Hallgató Neptun kódja: DB2U5G
A dolgozat címe: Gépipari forgács feldolgozó automata fejlesztése
A megjelenés éve: 2023
A konzulens intézetének neve: MATE
A konzulens tanszékének a neve: Mechatronika

Kijelentem, hogy az általam benyújtott záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió¹ egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítotam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2023.11.05.


Hallgató aláírása

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A Tóth Dávid (név) (hallgató Neptun azonosítója: DB2U5G) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*3}

Kelt: 2023. év 11. hó 07. nap



Belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.

NYILATKOZAT

Alulírott Tóth Dávid, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Gépipari automatizálási szakmérnök szak nappali/levelező* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2023. év 11. hó 07. nap



Hallgató

NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom*.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*

Kelt: 2023. év 11. hó 07. nap



Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!

10. Irodalomjegyzék

Abhay K., Abhishek G., Aviral S., Mohd Ahmar K, Navneet Pratap S., Dr. Rahul S., Ms. Gaganpreet K., "Design and Construction of a Shredding Machine for Recycling and Management of Organic Waste" Published in International Journal of Trend in Scientific Research and Development (ijtsrd), ISSN: 2456- 6470, Volume-3 | Issue-4, June 2019, pp.707-712, URL: <https://www.ijtsrd.com/papers/ijtsrd23889.pdf>

Adesina, F. , Mohammed, T. and Ojo, O. (2018) Design and Fabrication of a Manually Operated Hydraulic Press. Open Access Library Journal, 5, 1-10. doi: 10.4236/oalib.1104522.

Andrew P. (1998): Hydraulics and Pneumatics a technician's and engineer's guide. Butterworth-Heinemann, Elsevier, 239 p, ISBN-13: 978-0-7506-4419-9

Balogh B., Kovács P. Z., Szávai Sz. (2020). Szimulációs eljárással támogatott 3D nyomtatás. Évf. 9 szám 4(2019): Multidiszciplináris Tudományok – 70 éves a Gépészmérnöki és Informatikai Kar. DOI: <https://doi.org/10.35925/j.multi.2019.4.57>

Brundtland-bizottság; Közös jövőnk (1987); Akadémia Kiadó; Online 2022; ISBN: 978 963 454 768 6

Bagyinszki Gy. (Dr.), Czinege I. (Dr.): Fémek gyártási eljárásai 2006. <https://doksi.net/hu/get.php?lid=14786>

Balogh A. (Dr.), Sárvári J. (Dr.), Schäffer J. (Dr.), Tisza M. (Dr.) (2003): Mechanikai technológiák. Miskolci Egyetemi Kiadó, Miskolc, 339 p, ISBN: 963-661-571-3

Gutasy A. (Dr.), Gutassy N. F. (2019): Környezettudatosság és energiahatékonyság. RAABE kiadó, Budapest, 308 p

Stampfer M. (Dr.), (2012): Forgácsolás. Pollack kiadó, Pécs, 160 p

Tisza M. (Dr.), (1998, 2000, 2002): Metallográfia. Miskolci Egyetemi kiadó, Miskolc, 3. kiadás, 2002., 393 p, ISBN: 963-661-338-9

Dunkley, John J. (2019): Metal Powder Atomisation Methods for Modern Manufacturing. Johnson Matthey Technology review, Volume 63, Number 3, 1 July 2019, pp. 226-232(7) DOI: <https://doi.org/10.1595/205651319X15583434137356>

Fancsaly L., Koncz F., Varga L.: Fémipari anyag- és gyártásismeret II. Budapest: Műszaki Könyvkiadó. 1997.

Hamers C., Jessberger A., (2018): Aluminium cycle: Machining, briquetting, melting; Aluminium International Today; Redhill, Költ. 31, Kiad. 6, (Nov/Dec 2018(: 18,20-21.)

Kiss Zs. L., László Zs., (2015) Előkezelések hatása olajtartalmú szennyvizek membránszűrésére; Szegedi Tudományegyetem, Mérnöki Kar, Folyamatmérnöki Intézet Szeged 6725, Moszkvai krt. 9

KOLNHOFER-DERECSKEI, A., REICHER, R. Z., HAUBER, G., & MAJLÁTH, M. (2023). A fenntartható fejlődés fogalmának hétköznapi értelmezése és összevetése a tudományos definícióval. Gazdaság & Társadalom, 33(3.), 35–63. <https://doi.org/10.21637/GT.2022.3.02>

KSH 15.1.1.29. Az egyes hulladékfajták mennyisége a kezelés módja szerint [ezer tonna].
https://www.ksh.hu/stadat_files/kor/hu/kor0029.html

Sachs, I. (1974): Environment and Styles of Development. Economic and Political Weekly 9(21):828–837

Stampfer M. (Dr.), (2007): GÉPIPARI TECHNOLÓGIÁK I: Forgácsolás; Pécs, Magyarország: Pécsi Tudományegyetem Műszaki és Informatikai Kar (PTE MIK) (2007), 125 p.

Zakhar, G. (2021). 3D printing technologies. TRANSACTIONS ON IT AND ENGINEERING EDUCATION, 4(1), ArtNo: 46. Retrieved from <http://jtite.eu/article/view/46>

11. Táblázatjegyzék

1. táblázat IO lista	34
2. táblázat IO lista	35
3. táblázat Árjegyzék	37
4. táblázat Árjegyzék	38
5. táblázat Funkció csoport	39
6. táblázat Fejlesztési költségek	40
7. táblázat Költség csoportok	40
8. táblázat Megtérülés	41

12.Ábrajegyzék

1. ábra Fenntarthatóság I.....	6
2. ábra Fenntarthatóság II.	8
3. ábra RUF Maschinenbau Gmbh. Brikettáló berendezése	9
4. ábra Aprító berendezés	10
5. ábra Hidraulikus prések alkalmazási területei	12
6. ábra Ülepítés	13
7. ábra Talpas rezgőmotor.....	14
8. ábra Kalapácsos őrlő berendezés	16
9. ábra FDM nyomtatás elvi vázlata	17
10. ábra SLS nyomtató felépítése	18
11. ábra Folyamatábra.....	24
12. ábra Aprító garattal, szállítószalag nélkül.....	26
13. ábra Összegző ábra	27
14. ábra Brikettáló egység.....	28
15. ábra Összegző ábra	29
16. ábra Összegző ábra	31
17. ábra Kalapácsos őrlő	32
18. ábra Összegző ábra	33