

MŰANYAGHULLADÉKBÓL TÖMÖRÍTETT BÁLÁK BONTÁSÁRA ALKALMAS GÉP TERVEZÉSE

Erdei Réka

hallgató, Miskolci Egyetem, Gép- és Terméktervezési Intézet
3515 Miskolc, Miskolc-Egyetemváros, e-mail: erdeirekame@gmail.com

Absztrakt

Az újrahasznosító üzemekbe a hulladékok bálák formájában érkeznek, amelyet először fel kell bontani, aprítani. Jelen cikk keretében bemutatásra kerül egy műanyag hulladékból tömörített bálák bontására alkalmas gép tervezési folyamata. Bemutatásra kerül a jelenlegi gépek szerkezeti felépítése és működése, majd áttekintésre kerülnek a kapcsolódó szakirodalmi források és szabadalmak. A műanyagok tulajdonságainak meghatározására vonatkozó méréseket és vizsgálatokat kerülnek a cikk végén bemutatásra.

Kulcsszavak: műanyag hulladék, bála, tervezés, újrahasznosítás

Abstract

The waste arrives at the recycling plants in bales, which must be dismantled and shredded. This article presents the design process of a machine for breaking up bales compacted from plastic waste. The structural design and operation of the current machines are presented, followed by a review of the related literature and patents. Measurements and tests to determine the properties of plastics are presented at the end of the article.

Keywords: plastic waste, bale, design, recycling

1. Bevezetés

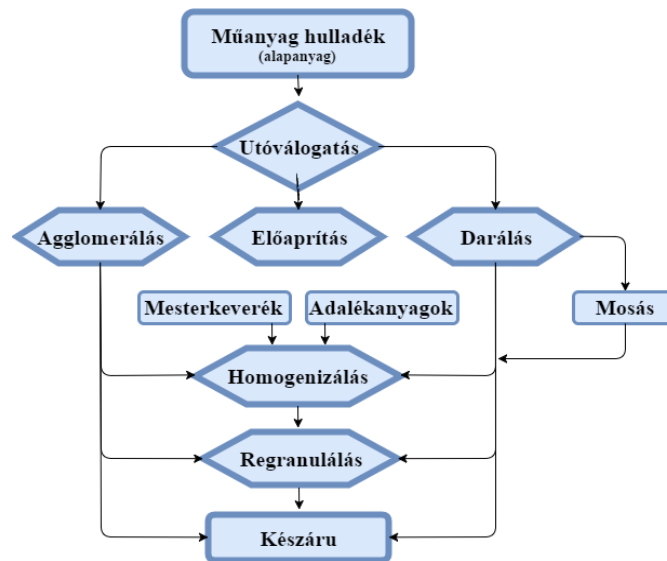
Jelenleg igen jelentős háztartási és ipari hulladék keletkezik évente, amelynek nagy része deponálásra, azaz hulladéklerakó helyeken tárolásra kerül. A fejlett országokban ezt a hulladékot már másodnyersanyagként is használják, amely törekvés már hazánkban is fellelhető. Környezetvédelmi okokból a hulladékgazdálkodás legfontosabb kérdése az újrahasznosítás, melynek alapja a szelektív hulladékgyűjtés. Az újrahasznosításban a legfontosabb nyersanyag a műanyag tekinthető, mivel az többször is újrahasznosításra kerülhet, ennek feldolgozási technológiája fejlődő tendenciát mutat.

A műanyag újrahasznosítása során a hulladékkezelők és begyűjtők által összegyűjtött különböző típusú hulladék termékből az újrahasznosító üzemekben különböző technológiák alkalmazásával műanyag granulátumot gyártanak, amelyből újra használati tárgyakat lehet előállítani.

Az újrahasznosító üzemekbe a hulladékok bálák formájában érkeznek, amelyet először fel kell bontani, aprítani. Ennek céljára egy új módszert és berendezést mutat be ez a dolgozat, amely alkalmas tömörített műanyag hulladék anyagból készült bálák bontására. A berendezést a jelenlegi gépek szerkezeti felépítését és működését vizsgálva, majd szabadalom- és irodalomkutatást végezve építtem fel. A műanyagok tulajdonságainak meghatározására méréseket, vizsgálatokat végeztem.

2. A műanyag újrahasznosítás technológiai folyamata

A műanyag hulladék újrahasznosításának technológiai folyamata (1. ábra) a hulladékkezelők és begyűjtők által összegyűjtött műanyag hulladék válogatása után az anyagfajtákra bontással indul. A műanyag alapanyag típusai a PE (polietilén), a PP (polipropilén) és a PS (polisztirol) stb. Ezek az anyagok különböző termékeként, fólia, műanyagpalackok, hordók, kupakok kerülnek a forgalomba, majd a szelektív hulladékgyűjtő rendszerekbe is. A hulladékgyűjtő cégek ezeket terméktípus szerint, préselt bála formájában bocsátják rendelkezésre az újrahasznosító üzemeknek, ahol ezeknek az anyagtulajdonságait figyelembe véve különböző eljárásokkal bontják és dolgozzák fel.



1. ábra. A műanyag újrahasznosítás technológiai folyamata

Forrás: Biokom Nonprofit Kft. [2]

Az agglomerálás (fólia esetén) vagy a darálás (kemény műanyagok esetén) után a granulálás előkészítése következik. A gyártandó granulátum tulajdonságainak eléréséhez különböző adalékanyagokat és színezékeket adnak a ledarált alapanyaghoz. A homogenizálást általában csigás extruder gépek végzik, miközben a keveréket megolvasztják. A megömlesztett műanyagot huzalként hűtővízen keresztül húzzák, majd ezt darabolják a megfelelő méretű granulátumokra. A re-granulátum, mint újrahasznosított műanyag, alkalmassá válik késztermék legyártására az ezt megvásárló műanyag feldolgozóknál.[4]

2.1. A szakirodalom által megkülönböztetett aprító gépek

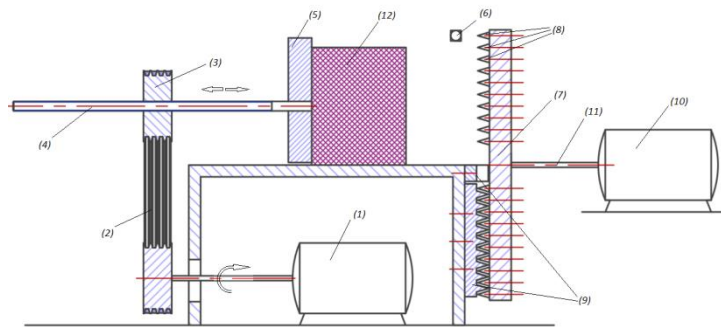
Az újrahasznosítás egyik legfontosabb része a bálák felbontása és az újrahasznosításra kerülő anyagok elődarabolása. Célom ennek a gépnek a tervezése. A szakirodalom a bálabontó gépeket a különböző eljárások szerint csoportosítja, így megkülönböztetünk vágómalmokat, forgótárcsás nyíró-aprítógépeket, forgó tépő-csavaró aprítókat, gyorsjárású rotoros tépő-aprító berendezéseket és kalapácsos törőket.

3. Megoldásváltozatok

Piac-, szabadalom- és irodalomkutatót végezve több megoldásváltozattal is foglalkoztam, melyek lényegesen eltérnek a forgalomban lévő gépektől. A megoldások felállításánál figyeltem a megoldások újszerűségére, egyszerűségére és megvalósíthatóságára. A megoldásváltozatok egymásra épülő komplexet alkotnak, melyeket a következőkben részletesen kifejték, működésüket és működésükkel kapcsolatos problémáikat vizsgálom a módszeres géptervezés szempontjait szem előtt tartva.

3.1. Körtárcsás bálabontó

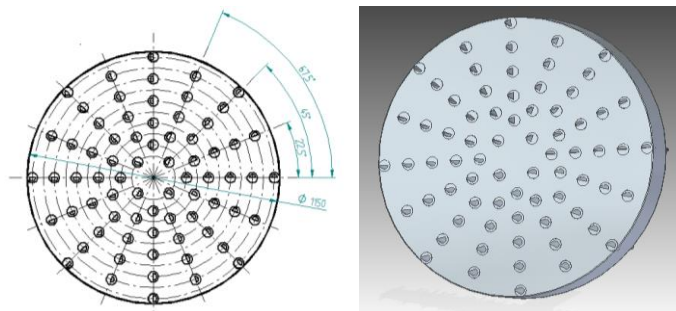
Ilyen bálabontó gép a körtárcsás bálabontó. A berendezéshez a hulladék bálákat (12) szállítószalaggal vezetjük, majd ha a bálák a gép munkaasztalára kerülnek a motor (1) elindul és egy ékszíjhajtáson (2) keresztül forgásba hozza az anyát (3), melynek forgása az orsó (4) egyenes vonalú elmozdulását eredményezi, mellyel a vágáshoz szükséges előtolást biztosítjuk. A vágást és a tépést egy körhenger (7) homloklapfelületén elhelyezett megadott geometriájú koncentrikusan elhelyezkedő vágókécek (8) és az asztalhoz erősített ellenfogak (álló kécek) (9) végzik. A vágókécek vágáshoz – tépéshez szükséges mozgását egy motor (10) fogaskerék-hajtáson (11) keresztül biztosítja. Ha az orsóra szerelt csapágyazott tolólap (5) eléri a végállás kapcsolót (6) a motor (1) tengelyének forgásiránya ellentétes irányú lesz, és az adagolóegységet az eredeti állapotba juttatja vissza. A gép működését a 2. ábra mutatja.



2. ábra. A körtárcsás bálabontó működési vázlatja

Forrás: Saját szerkesztés

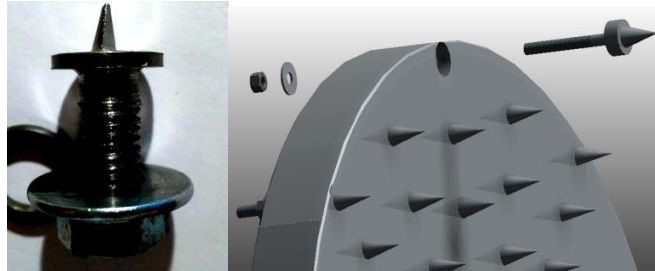
A géphez továbbá csatlakozik egy adagoló és egy elvezető futószalag, valamint az egész szerkezetet burkolat veszi körül, hogy a működés során kilökött műanyag részek ne okozzanak problémát.



3. ábra. A tépő-vágókécek elhelyezkedése a körtárcsán

Forrás: Saját szerkesztés

A vágótárcsán elhelyezkedő tépő-vágókés geometriája egy fél kúp, amelynek vége le van kerekítve, a késen ki van alakítva egy váll, valamint egy menetes szár a rögzítés megkönnyítése szempontjából. A tépő-vágókések a tárcsán koncentrikus körök mentén helyezkednek el a kések szárán kialakított menetes rész segítségével, amelyek kopás, törés és esetleges meghibásodás esetén külön-külön cserélhetők.

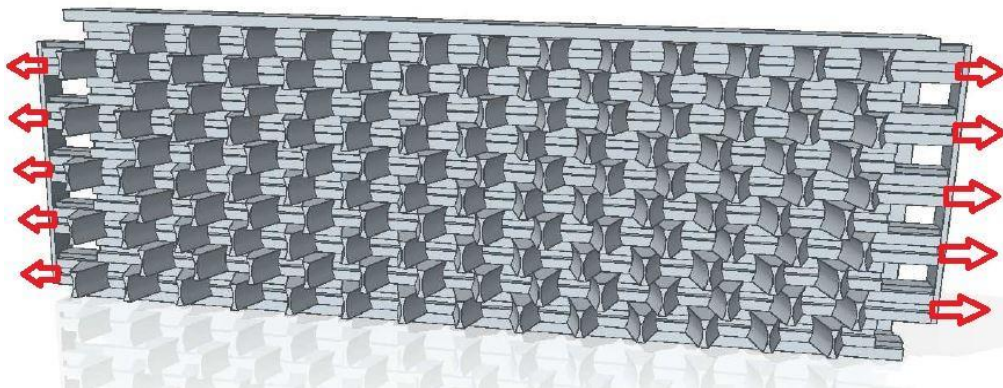


4. ábra. A tépő-vágókés geometriája és rögzítése a körtárcsán

Forrás: Saját szerkesztés

3.2. Sínes bálabontó

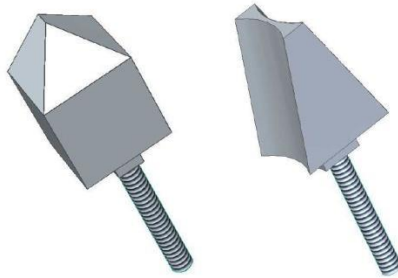
A körtárcsás bontó hátrányait figyelembe véve vizsgáltam egy újabb megoldásváltozatot, amelynél a körmozgás helyett alternáló mozgást alkalmaztam, hogy a kések vágás során megtett útját lerövidítsem, így megakadályozva a tépő-vágókések nagymértékű kopását és a mozgáshoz szükséges nyomatókat, ezáltal a teljesítményt is lecsökkentsem. A szerkezetnél a forgómozgást egy forgattyús mechanizmussal alakítottam át alternáló mozgássá. A tépő-vágókéseket párhuzamos síneken helyeztem el, valamint a kések geometriáját is változtattam. A sínek ellentétes irányban mozognak, amelyek mozgása egyetlen forgattyús mechanizmus segítségével megoldható. A sínek ugyanabban a síkban helyezkednek el, mint a körtárcsás változatnál a vágótárcsa, így ehhez a megoldásváltozathoz is szükséges egy bálaadagoló szerkezet, amely az előzővel azonos kialakítású.



5. ábra. Sínes bálabontó

Forrás: Saját szerkesztés

A kések geometriájának kialakítása is eltér az előzőhöz képest a vágórés biztosítása érdekében. A megoldás során két geometriát is vizsgáltam, mindkét kés viselkedésével és előnyeivel is foglalkozva. A két változatot a 6. ábra mutatja.



6. ábra. Kések geometriai kialakításának változatai

Forrás: Saját szerkesztés

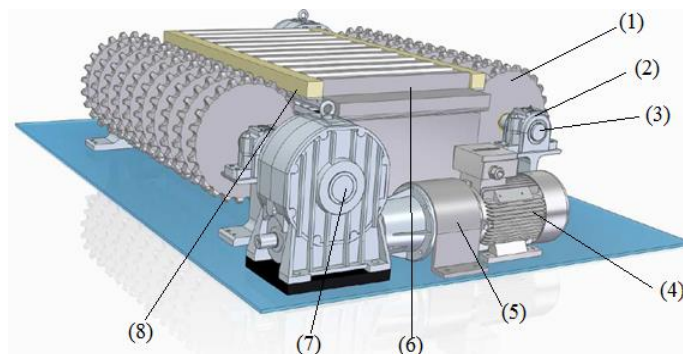
A bal oldali változat előnye, hogy egyszerű a kialakítása, így a gyártása is. A hasáb rész funkciója a vágás, a gúláé az anyag megfelelő helyre való juttatása. A hasáb élei végzik a vágást, melyek egyenes vágást biztosítanak.

A jobb oldali kés bonyolultabb geometriájú, ezáltal a gyártása költségesebb. Előnye, hogy az egész vágótest gúlaszerű kialakítása miatt vezeti az anyagot, a vágó élek pedig ferde vágást végeznek, így lecsökkentve a vágáshoz szükséges erőt. Az íves kialakítás pedig előnyös a vágás során, mivel ebbe a részbe is elterülhet az anyag.

3.3. Láncos bálabontó

Az alternáló mozgást elkerülve a hajtásnál, valamint figyelembe véve, hogy az előzőekben vizsgált szerkezeteknél a vágott anyag eltávolítása nehezen megoldható egy olyan megoldás kidolgozását néztem meg, amelynél ezek a hátrányok nem lépnek fel. Így egy láncos megoldást választottam, amelynél az anyag a láncok folyamatos mozgása eredményeként a vágótérből kisodrónak.

A vágás-tépés folyamata hasonló a sínes bálabontóéval, annyi különbséggel, hogy itt a karmok folyamatosan egy irányba mozognak, ezáltal kisodorják a vágólap két oldalára a vágott darabokat. A szerkezet lényegében egymás mellé helyezett láncfűrészekből áll, melyek egy asztallapon vannak megvezetve. A láncok különleges kialakításúak. A forgalomban kapható füles láncra vannak rögzítve a vágókampók, amelyek egyszerre tépik és vágják az anyagot. A különbség az előző gépekhez képest, hogy az asztallap, amelyen a láncokat megvezetjük, vízszintes helyzetben van, így nem szükséges külön bálaadagoló rendszer kialakítása.



7. ábra. A láncos bálabontó modellje

Forrás: Saját szerkesztés

3.4. A legjobb megoldásváltozat kiválasztása

A három megoldásváltozatot értékelő kritériumok alapján értékeltem, ezek a kritériumok a megoldás bonyolultsága, újszerűsége, a megvalósítás várható költségei, szerelhetőség, a meghibásodott alkatrészek cserélhetősége, üzemeltethetőség, hatékonyság és a környezettudatosság. Ezek szerint megállapítottam az egyes megoldásváltozatok kumulált értékeit, amely szerint a láncos bálábontó bizonyult a legjobb megoldásnak. Az egyes változatok előnyeit is hátrányait is megvizsgálva egyaránt megállapítható, hogy ez a gép bizonyul a legjobb megoldásnak.

4. A Műanyag hulladékokon végzett kísérletek

A műanyag hulladékok tulajdonságainak meghatározására két kísérletet végeztem el. A Miskolci Egyetem Gép- és Terméktervezési Intézetének egyik mérőberendezésének átalakításával különböző műanyag polisztirol habok vághatóságát vizsgáltam, valamint a Miskolci Egyetem Anyagszerkeztani és Anyagtechnológiai Intézet műhelyében PET palackok szájának tépő-szakítóvizsgálatait végeztem el. Ezek eredményeit számszerűsítve táblázatokban és diagramokon is kiértékeltem.

4.1. Vághatósági vizsgálatok

A mérést a Gép- és Terméktervezési Intézet mérőberendezésének átalakításával végeztem el. A mérőberendezés és az általam végzett átalakítások láthatóak a 8. ábrán. A mérőműszeren elhelyezkedő bonamid hengerre az intézet műhelyében legyártott tépő-vágókéseket rögzítettem, amely a különböző polisztirol hab szerű anyagokba mélyedve végezték a tépést és a vágást. A mérés során tapasztalt jelenségekből levonható következtetés, hogy ezek az anyagok darabolásra alkalmasak. A mérés során számszerű eredményeket is kaptam, melyeket összehasonlítva, hasonló eredményekre jutottam különböző polisztirol anyagokat vizsgálva.



8. ábra. A mérőberendezés

Forrás: Saját szerkesztés

4.2. Tépő-szakító vizsgálatok

A tervezendő gép teljesítményének meghatározásához üdítő palackok szájának szakítóvizsgálatait végeztem el. Ezekből a mérésekből számszerű eredményt kaptam a tépőerőre, amelyet felhasználtam a későbbi számításokban. A mérést a Miskolci Egyetem Anyagszerkeztani és Anyagtechnológiai Intézet

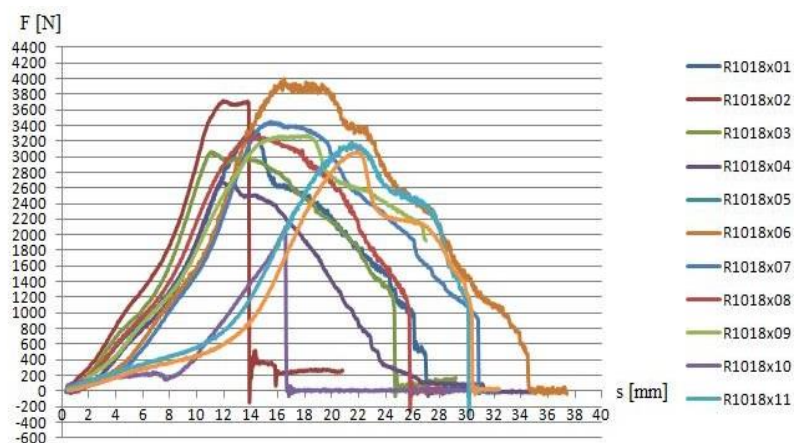
műhelyében végeztem el. A szakítóvizsgáló gép típusa: MTS 810.23, amely egy univerzális, elektrohidraulikus anyagvizsgáló rendszer. mutató. A palack szájak rögzítéséhez előzetesen befogószerkezetet készítettem el.



9. ábra. A befogószerkezet

Forrás: Saját szerkesztés

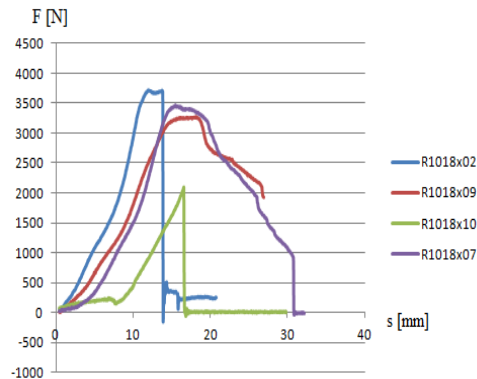
A mérések során többféle palack száját is elszakítottam, voltak közöttük színes, illetve vegyszeres palackok is, melyek nem PET alapanyagú polimerből készültek. A mérés elvégzése után kapott számszerű eredményeket diagramokon ábrázoltam. A 10. ábrán látható diagramon feltüntettem számos mérés eredményét.



10. ábra. Mérési eredmények

Forrás: Saját szerkesztés

Látható, hogy a többségük hasonló jellegű görbe, ezek PET alapanyagúak. A 11. ábrán kiemeltem pár példát eltérő jellegű görbére, amelyek színes és vegyszeres palackok szakításából adódtak. Az érthetőség miatt egy PET palackszáj jellegű görbét is feltüntettem.

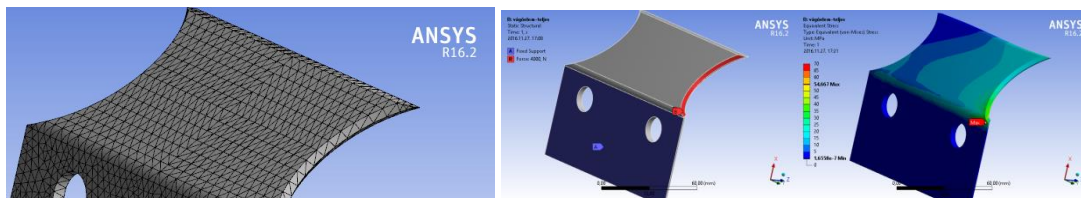


11. ábra. Színezett, vegyszeres és PET alapanyagú palackok vizsgálatából adódó eredmények
Forrás: Saját szerkesztés

A mérésből kapott számszerű eredményt a palackszájak tépésére, felhasználtam a gép tervezésénél, teljesítményének meghatározásánál. Azt is figyelembe vettem, hogy ez az erő a gép tervezésénél egy maximális erőnek számít, mivel a gép működése során a tépésen kívül vágás is fellép, illetve ezzel az erővel számolva, azt feltételeztem, hogy a tépő-vágóelemek csak palackszájakkal vannak kapcsolatban.

5. Láncos bálabontó alkatrészeinek méretezése és kiválasztása

A szerkezet tervezésénél felhasználtam a mérésekből kapott eredményeket. A szakítóerő segítségével meghatároztam a szükséges teljesítményt, így kiválasztottam a meghajtó motort. A motor pontos tulajdonságainak ismeretében számításokkal és katalógusok segítségével meghatároztam az alkalmazandó lánc típust, majd ehhez a megfelelő fűles láncszemet is. Katalógusból tengelykapcsolót, hajtóművet választottam. A gép áttétele igen nagy, így csigahajtóművet alkalmaztam. A gép valamennyi alkatrészének méreteit meghatároztam számításal, illetve katalógusok segítségével. Egyes alkatrészek méreteinek megfelelőségét végeelemes program segítségével is ellenőriztem. Ilyen alkatrész volt a fűles láncszemre rögzített tépő-vágóelem. Az Ansys végeelem program segítségével elkészítettem a szabályos hálót, ügyelve a megfelelő elemméretre is. A beépítési környezetnek megfelelően lekötöttem az elem szabadságfokait és a terhelést is ráadtam. Ez látható a 12. ábrán. A kapott eredményekből megállapítható, hogy a tépő-vágóelem kibírja a gép működése során jelentkező terheléseket.



12. ábra. A végeelem háló, alkalmazott lekötések és terhelések és az eredmények
Forrás: Saját szerkesztés

Az alkatrészek kiválasztása után elkészítettem a gép háromdimenziós modelljét, amely a 7. ábrán látható.

6. Összegzés

A polimertechnika és az újrahasznosítás alapjait megismerve, majd piac-, iroda-lom- és szabadalomkutatást végezve felállítottam egy új gép vázlatát. Három megoldásváltozattal foglalkozva kiválasztottam a legjobbat a feladat elvégzésére. Hulladék anyagokon elvégzett mérésekből kapott eredményeket felhasználtam a későbbi tervezési folyamatban. A gép valamennyi alkatrészének méretezését, kiválasztását elvégeztem, majd ellenőriztem ezeket vége-selemes módszer segítségével, végül elkészítettem a gép háromdimenziós modelljét is.

Irodalom:

1. Czvikovszky, T., Nagy, P., Gaál, J.: *A polimertechnika alapjai*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2000.
2. www.biokom.hu, Biokom Nonprofit kft. gondozásában: *A műanyag újrahasznosítás technológiai folyamata* (letöltés ideje: 2016.03.02.)
3. Nagy, S.: *Hulladék biomassza aprítása/Comminution of waste biomass material*, Biohulladék 3-4, (2008) pp.37-44.
4. Bihari, Z., Szente, J.: *Számítógépes terméktervezés*, Szakmérnöki jegyzet, Készült „A felsőoktatás szerkezeti és tartalmi fejlesztése” CAD/CAM/FEM kompetencia kurzusok projekt keretében. 2006. p. 193.