



LIFTAJTÓ-FÓLIÁZÓ BERENDEZÉS TERVEZÉSE

DESIGN OF ELEVATOR DOOR FOILING MACHINE

Rezes Gábor,¹ Szigeti Ferenc,² Dezső Gergely³

¹ Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológia Tanszék. Nyíregyháza, Magyarország, rgaborezes@gmail.com

² Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológia Tanszék. Nyíregyháza, Magyarország, szigeti.ferenc@nye.hu

³ Nyíregyházi Egyetem, Műszaki és Agrártudományi Intézet, Műszaki Alapozó, Fizika és Gépgyártástechnológia Tanszék. Nyíregyháza, Magyarország, dezso.gergely@nye.hu

Abstract

The topic of this article is the design of a foiling machine for covering elevator doors and their components with protective film. The thesis presents the design process, from the initial parameters and material selection through structural design to strength dimensioning and verification, and the selection of the necessary drive motor and worm gear based on the results of the calculations is further explained. The compliance of the elements of the equipment with the strength requirements is verified by finite element testing, taking into account door panels of different sizes and numbers. A detailed flow analysis of the air smoothing of the foiling operation is presented with the help of the Ansys application.

Keywords: *elevator, foiling machine, machine design, finite element method, automation.*

Összefoglalás

A cikk témája a liftajtók és alkatrészeinek védőfóliával való burkolását biztosító fóliázógép tervezése. A dolgozatban bemutatásra kerül a tervezési folyamat a kiindulási paraméterek felvételétől és az anyagválasztástól a konstrukciós tervezésen keresztül a szilárdsági méretezésig és ellenőrzésig, továbbá ismertetésre kerül a számítások eredményei alapján szükséges hajtómotor, csigahajtómű választása. A berendezés elemei szilárdsági követelményeknek való megfelelésének ellenőrzése végelem-vizsgálattal történik, különböző méretű és számú ajtópanelek figyelembevételével. A fóliázási művelet levegős simításáról egy részletes áramlástani vizsgálat kerül bemutatásra az Ansys alkalmazás segítségével.

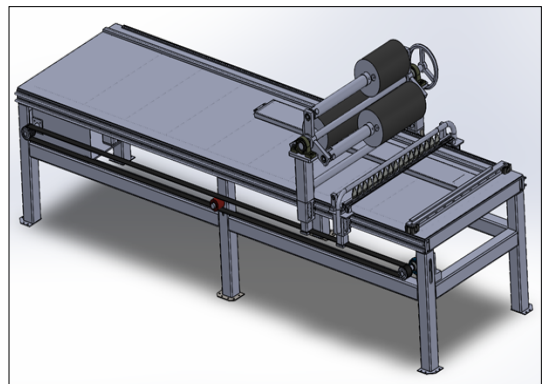
Kulcsszavak: *felvonó, fóliázógép, géptervezés, végelem-módszer, automatizálás.*

1. A fóliázógép konstrukciója

Kiindulási adatként a vállalatnál gyártott legmagasabb és legszélesebb ajtót vettem alapul. Ennek az ajtónak a magassága 3020 mm, szélessége pedig 930 mm. Ezért a gyártandó fóliázógépnek (1. ábra) [1] a méreteit valamivel nagyobbra vettem, hogy a védőfóliával való burkolás minden méretre gond nélkül megvalósítható legyen.

1.1. Az asztal tervezése és igénybevételei

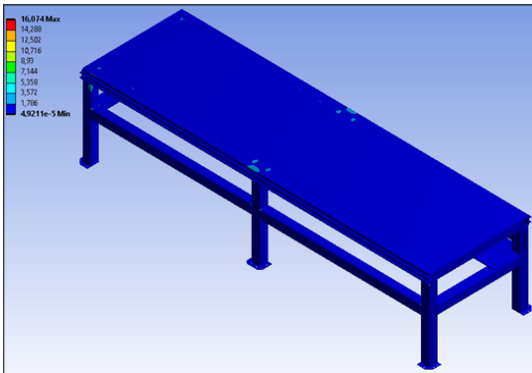
Az asztalt végelem-módszerrel ellenőriztem először álló helyzetben, terhelés nélkül, majd később több liftajtó terhelése esetén és egyéb terhelések esetén [1].



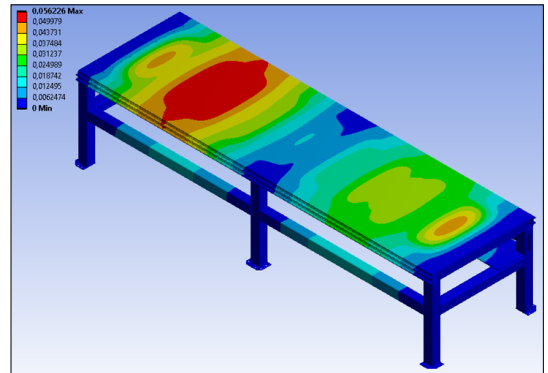
1. ábra. Fóliázógép

A vizsgálat ezen részében a később bemutatásra kerülő szerelvényt nem jelenítettem meg az egyszerűbb számítás érdekében. Az ellenőrzés során a szerelvény súlyából adódó terhelést végig számításba vettem, mint megoszló terhelés (2. ábra) [1].

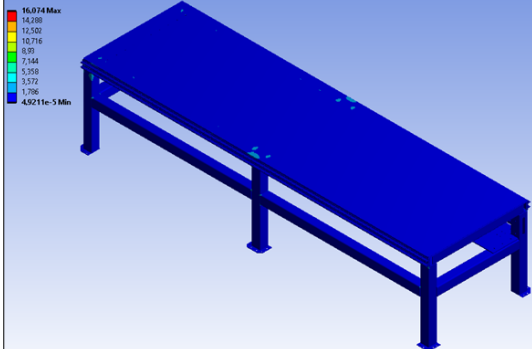
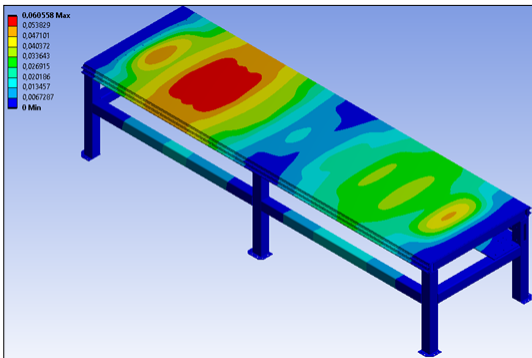
Látható, hogy az állványt nem terheli meg az üresjárat még akkor sem, ha a szerelvény az állvány tartólábai között helyezkedik el, ezzel a maximális feszültség: $15,4 \text{ N/mm}^2$. Ahogy a 3. ábrán [2] is látható, a szerkezet lehajlása a $0,06 \text{ mm}$ -es értéket is alig éri el.



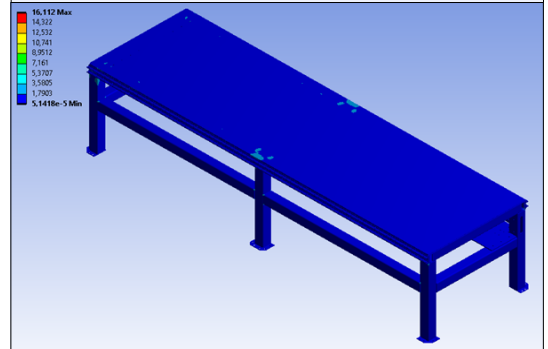
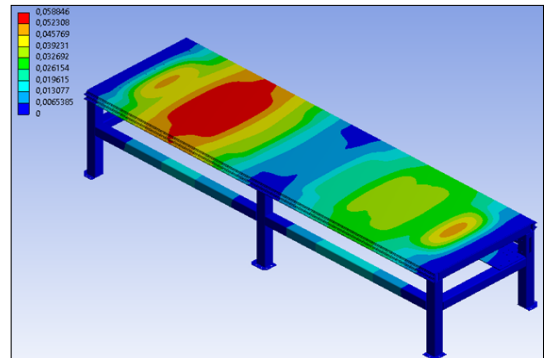
2. ábra. Asztalterhelés üresjáratban



3. ábra. Asztal lehajlása üresjáratban



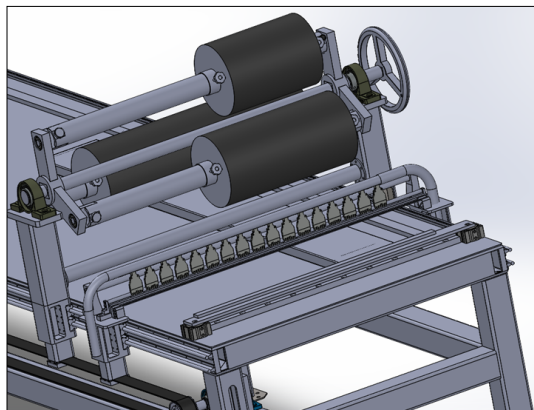
4. ábra. Nyomófeszültség és lehajlás átlagos liftajtó terhelése esetén



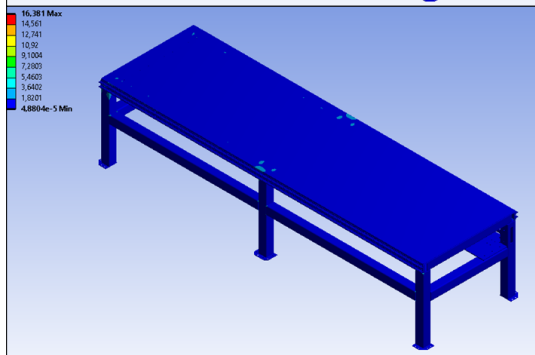
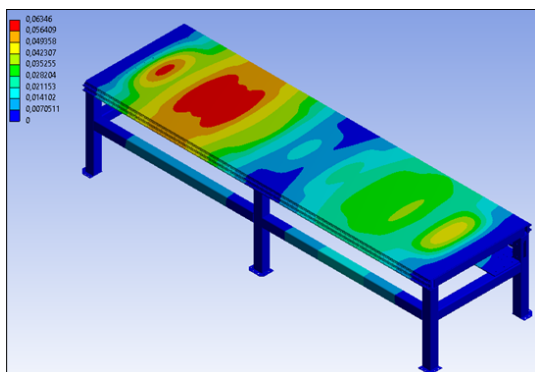
5. ábra. Nyomófeszültség és lehajlás legnagyobb liftajtó terhelése esetén

1. táblázat. Az asztal igénybevételei különböző terhelések esetén

	Átlagos liftajtó	Legnagyobb liftajtó esetén
Nyomófeszültség	16,0 N/mm ²	16,1 N/mm ²
Elmozdulás / lehajlás	0,06 mm	0,058 mm
	Terhelés üres-járatban	Egyéb terhelés
Nyomófeszültség	15,4 N/mm ²	20,8 N/mm ²
Elmozdulás / lehajlás	0,05 mm	0,14 mm



7. ábra. Szerelvény



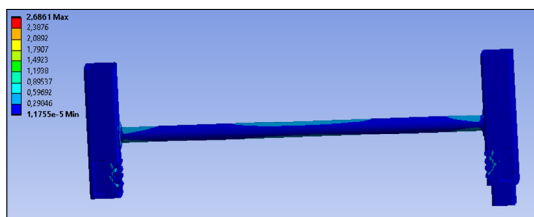
6. ábra. Nyomófeszültség és lehajlás egyéb terhelések esetén

[2] a szerkezeten, és amint az az adatokból kivehető, a szerkezetet ez sem terheli meg kritikusan.

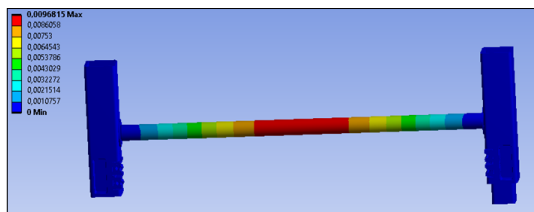
1.2. A szerelvény tervezése és terhelései

A szerelvény két egységből áll. Van egy a fólia tartásáért, megvezetéséért és tájolásáért felelős egység, valamint egy simításért, továbbításért és vágásért felelős egység. Először a fóliatartó részt mutatom be. (7. ábra) [1].

A szerelvényre ható terhelések közé tartozik a saját súlyából adódó erő, a tekerstartó tengelyek



8. ábra. A szerelvény nyomófeszültségi ábrája



9. ábra. A szerelvény lehajlási ábrája

és annak csapágyai, valamint a fóliatekercs súlya, annak lehúzásával járó erő és az egyéb gépelem és alkatrészek súlya (24. ábra). A második egységről nem készítek külön vizsgálatot, mert a lineáris kocsit terhelő erők ebben az esetben lényegesen kisebbek, mint az első egységnél.

A fólia lehúzásához 15 N erő szükséges, ezt az értéket egy rugós erőmérő segítségével állapítottam meg, több lehúzási szöget is kipróbálva. A maximális erő 20 N volt, ezért a terheléseknél ezt vettem figyelembe.

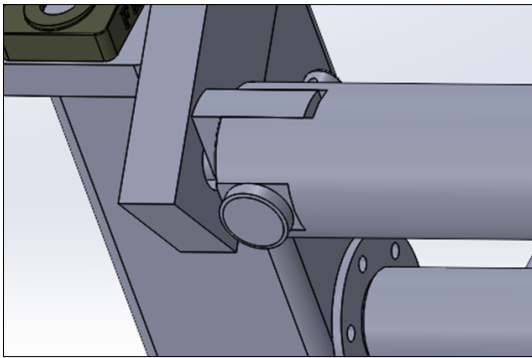
A szerelvényt terhelő legnagyobb feszültség 2,7N/mm² volt (8. ábra).

A szerelvény vizsgálatakor nem számoltam egyéb terhelésekkel. A legnagyobb lehajlás közepén látható, ez a szerelvény hossza miatt is lényeges, de a lehajlás mértéke nem éri el a 0,01 mm értéket sem (9. ábra).

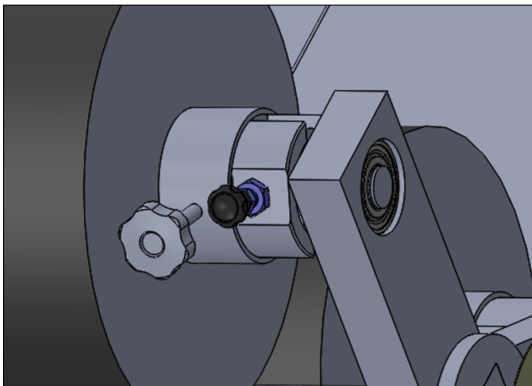
1.3. A szerelvény működése

A dolgozó kiválasztja és elhelyezi a megfelelő szélességű fóliát a fóliázandó elem szélessége alapján, majd felhelyezi a burkolni kívánt elemet az asztalra. Ezután a gépet alaphelyzetbe állítja, hogy megtörténjen a fóliának a befűzése. A fóliát átvezetve a simítógörgő alatt, a dolgozó átfűzi azt a görgőpárba, majd átfűzi a pneumatikus pófák között. Ezt követően az operátor elindítja a gépet, amely rázár a fóliára, megkezdve ezzel a fóliázást. A simítást végző egység ekkor a szerelvényvel együtt halad, és a nagynyomású levegő segítségével lesimítja a fóliát. A burkolás végeztével a szerelvények megállnak, és ezután egy forró dróttal megtörténik a vágás. A vágás végeztével a fóliafogó pófák kioldanak, hogy a dolgozó kényelmesen el tudja távolítani az elemet, és betenni a következőt. Majd a műveletek végeztével a szerelvények alaphelyzetbe állnak, és megtörténik a befűzés.

A tekercsek cseréjét egy kiforgatható tengellyel oldottam meg (10. ábra). Ennek a tengelynek az egyik vége egy csuklóval van ellátva, amelyet könnyen ki lehet hajtani, és el lehet végezni a te-



10. ábra. Csuklós tengely



11. ábra. Rögzítőgyűrű és rögzítőtüske

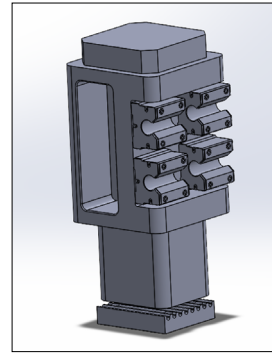
kercsek cseréjét. A tengely másik vége egy könnyen oldható rögzítő tüskével van ellátva.

A fóliák megfelelő helyzetéről szorítógyűrűk gondoskodnak, amelyek meghatározzák mindkét oldalról a fólia helyzetét (11. ábra). Mindkét gyűrű állítható, ezért, ha esetleg egy nagyobb széria következik, ebben az esetben ezzel is csökkenteni lehet a műveleti időt, ha egyszerre több karon is ugyanaz a beállított fólia helyezkedik el.

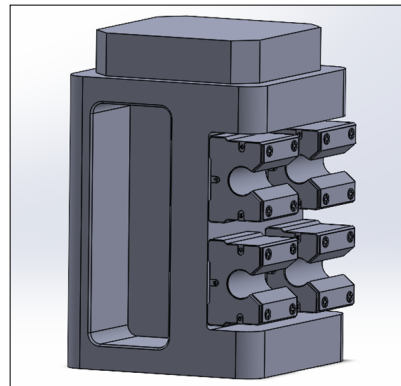
1.4. Szerelvénybetétek

A szerelvénybetétekre azért van szükség, hogy megkönnyítsem a lineáris kocsi kapcsolódását a szerelvényvel. Ugyanis, ha csak a zárt szerelvényből állna a szerelvény, akkor csak a zárt szerelvény falvastagságán tudna felfeküdni a kocsi, ami nem lenne lehetővé a kocsi biztonságos és stabil mozgását.

A szerelvénybetét 01 (12. ábra) jelű alkatrésze tartalmazza majd a fogasszíjjal való összekapcsoláshoz szükséges felületeket. Ez az alkatrész fog kapcsolódni a fogasszíjhoz, ez fogja átvinni a szükséges mozgást a fóliázáshoz. A szerelvénybetét 02 (13. ábra) jelű alkatrésze az ellentétes oldali megvezetésben segít.



12. ábra. Szerelvénybetét 01



13. ábra. Szerelvénybetét 02

2. Lineáris vezeték és lineáris kocsi méretezése

A lineáris vezeték a szerelvény súlya terheli üresjáratban, de a fóliázás közben a fólia lehúzósa is kifejti némi erőt a vezetékre (14. ábra) [1].

Lineáris kocsi maximális terhelése:

$$C_{max} = C_{ics} \cdot z = 774 \text{ N} \cdot 8 = 6192 \text{ N}$$

$$F_{1y} = F_1 \cdot \sin \alpha = 20 \text{ N} \cdot \sin 20^\circ = 6,84 \text{ N}$$

$$C = (m_{szerelvény} + m_{fólia} + m_{egyéb}) \cdot g \cdot F_{1y} =$$

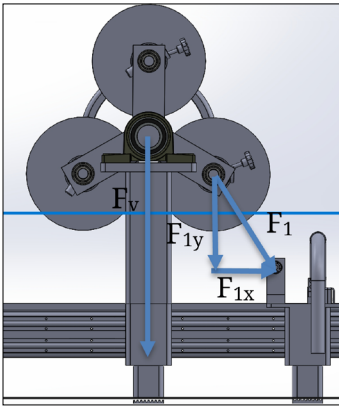
$$= (52,5 \text{ kg} + 13,5 \text{ kg} + 12,5 \text{ kg}) \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 +$$

$$+ 6,84 \text{ N} = 776,925 \text{ N}$$

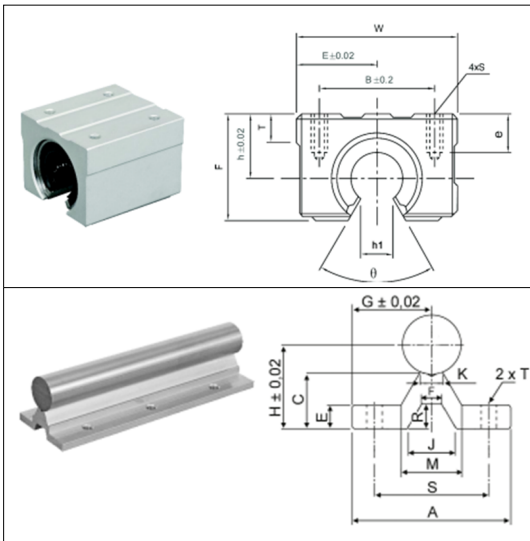
ahol:

C_{ics} : lineáris kocsi terhelhetősége

C_{max} : lineáris kocsi maximális terhelhetősége



14. ábra. Lineáris vezeték terhelése



15. ábra. Lineáris vezeték és lineáris kocsi [3, 4]

C: terhelés

z: lineáris kocsi száma

F_1 : fólia lehúzóhoz szükséges erő

α : fólia lehúzósi szöge

$m_{szerelvény}$: szerelvény tömege

$m_{fólia}$: fóliatekercs tömege

$m_{egyéb}$: gépelemek és a simítóhenger tömege

g: nehézségi gyorsulás

$$C < C_{max} = 3096 \text{ N}$$

Tehát a választott lineáris kocsi megfelel.

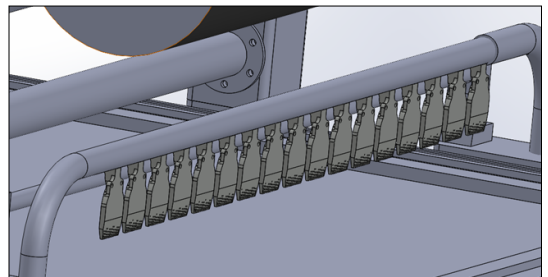
3. A fólia simítása

A fólia simítását sűrített levegővel oldottam meg, ezzel elérve azt, hogy bonyolultabb kontúrral rendelkező elemeket is le tudjunk fóliázni a későbbi fejlesztéseket követően. A lefúvóberendezés 4 bar nyomással dolgozik, és 17 darab többcsatornás lapossugar-fúvókát [5] használ. Ezek a fúvókák energiatakarékosak, és zajszintjük kisebb, mint más hasonló teljesítményű társaiké (16. ábra).

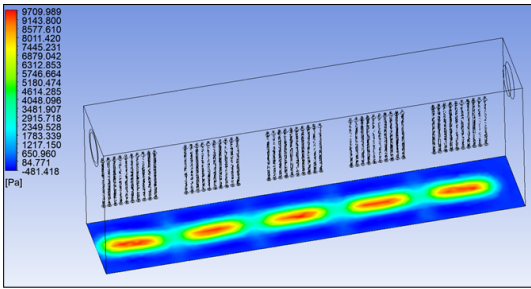
A fejezet további részében ennek az egységnek mutatom be az áramlási szimulációját.

A áramlási szimulációnak azért láttam szükségét, mert maga a szerelvény elég hosszú, és szerettem volna látni, hogy ugyanaz a nyomás, vagy legalább egy bizonyos határon belüli eltéréssel ugyanannak kell lennie az egész vezetékben. Erre azért van szükség, mert a fóliázás többségét a tápellátással ellentétes oldalon végzik, és csak a legnagyobb panelek eleje kapja meg a legnagyobb nyomást.

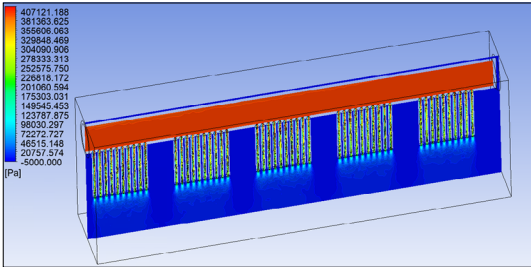
Ahogy a 17. ábrán látható, a felületen ébredő maximális nyomások közel azonos értékeket vesznek fel a fúvókanyílások alatt. Ezekről eltávolodva láthatjuk, hogy a nyomás elég hamar felére csökken. Ez nem okoz problémát a fóliázás során, mivel ez a levegősugar végig fog haladni az egész felületen, így elvégezve egy elő- és egy utósimítást is a felületen. A fúvókák közötti távolság (holttér) viszonylag kicsi, ezért ez nem okoz problémát a fólia simításában.



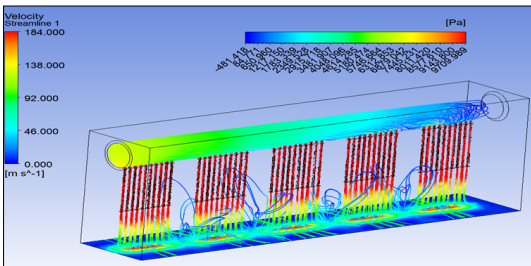
16. ábra. Fóliasimító egység



17. ábra. A fóliázandó terület nyomáseloszlása



18. ábra. Teljes nyomástérkép a részegység keresztmetszetében



19. ábra. Sebesség és nyomáseloszlás bemutatása

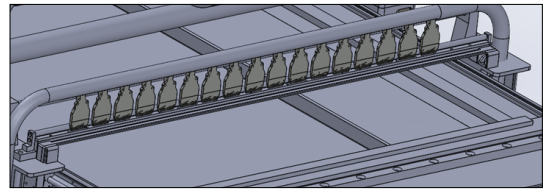
A 18. ábrán látható a teljes nyomáseloszlás a csőben és a fúvókákban. A csőben fellépő 4 bar nyomás, amikor kijön a levegő a fúvókákból, már csak nagyjából 1 bar nyomást tesz ki, viszont a kiáramló levegő sebessége többszöröse a csőben áramló sűrített levegő sebességének.

A 19. ábrán látható a levegő áramlásának útvonala. Ezen az ábrán 200 áramlási pályát látunk, és az áramlás által létrehozott felületi nyomást is feltüntettük, amelynek értékeit a 17. ábráról olvashatjuk le.

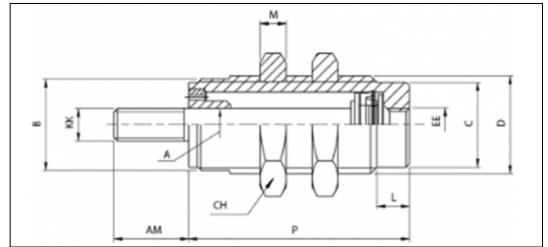
A szimuláció alapján megállapítható, hogy a tervezett többcsatornás fúvóka megfelelő lesz a feladatot kivitelezésére.

4. A fólia vágása

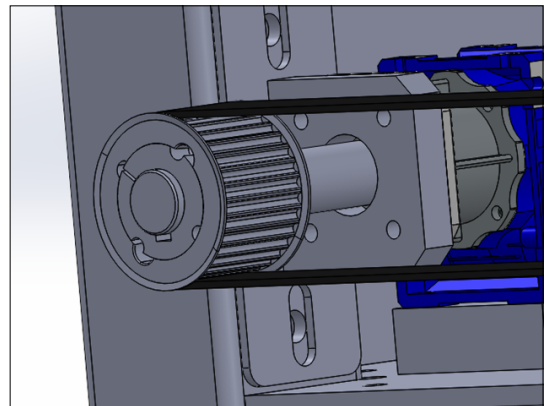
A fólia vágásáról egy forró drót gondoskodik, amelyet megfelelő nagyságú áram átvezetésével melegítünk fel. A drót egyik végén egy himba ta-



20. ábra. Fóliavágó egység



21. ábra. Fóliavágó egység pneumatikus hengere [6]



22. ábra. Fogasszíjhajtás

lálható, amelyhez egy rugó van csatlakoztatva, és a himba folyamatosan megfeszítve tartja a rugót (20. ábra).

A drót másik végéhez pedig egy CAF6/10-típusú mini-pneumatikus dugattyú van csatlakoztatva, ezzel valósítjuk meg a vágási folyamatot (21. ábra).

5. Motor és hajtás választása

A motor kiválasztásához először ismernünk kell a terhelőerőt. Ebben az esetben a terhelőerőt a szerelvény súlyából adódó súrlódási erő és a fólia lehúzásához szükséges erő összege határozza meg. Ezután a fentiek alapján összegzett erő figyelembevételével meghatározom a forgatónyomatékot, és ez alapján választok motort. Típusa: háromfázisú aszinkronmotor, valamint egy csigahajtómű. Hajtás típusa: Fogasszíjhajtás (22. ábra)

5.1. A motort terhelő erők és nyomaték meghatározása

A 23. ábrán mutatom be a motor terhelését, majd meghatározom a terhelőnyomatékok.

$$M_{motor} = (P \cdot 60) / (2 \cdot n_1 \cdot \pi) = (250W \cdot 60) / (2 \cdot 31,66 \text{ 1/min} \cdot \pi) = 75,4 \text{ Nm}$$

$$F_g = (m_{szerelevény} + m_{fólia1} + m_{fólia2} + m_{fólia3} + m_{egyéb}) \cdot g = (52,5 \text{ kg} + 5 \text{ kg} + 8,5 \text{ kg} + 12,5 \text{ kg}) \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 770,085 \text{ N}$$

$$F_{1x} = F_1 \cdot \cos \alpha = 20 \text{ N} \cdot \cos 20 = 18,79 \text{ N}$$

$$F_s = F_g \cdot \mu = 770,085 \text{ N} \cdot 0,2 = 154,017 \text{ N}$$

$$F_t = F_s + F_{1x} = 154,017 \text{ N} + 18,79 \text{ N} = 172,807 \text{ N}$$

$$M_{terhelő} = d/2 \cdot F_t = (0,08 \text{ m})/2 \cdot 172,807 \text{ N} = 6,91 \text{ Nm}$$

$$M_{terhelő} \leq M_{motor}$$

ahol:

F_g : vontatott elemek súlyából adódó erő

F_s : súrlódási erő

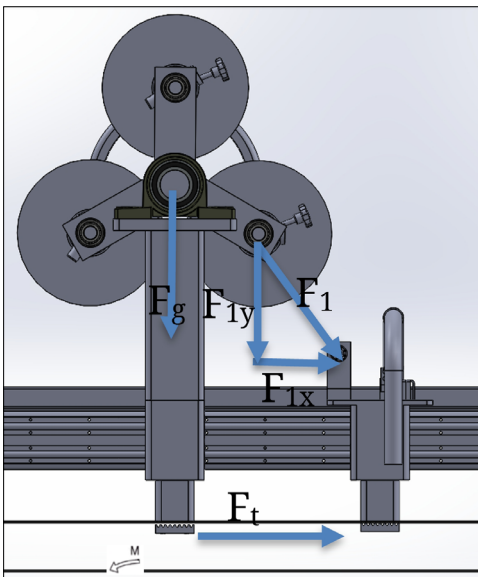
μ : csúszási súrlódási együttható

F_t : terhelő erő

A motort még terheli a fólia simításáért és vágásáért felelős egység is, de ennek terhelése sokkal kisebb, mint a fóliatartó egysége. Ezért választottam a hajtáshoz egy háromfázisú aszinkronmotort (24. ábra) és csigahajtóművet (25. ábra).

$$n_1 = n_2 / i = (850 \text{ 1/min}) / 30 = 31,66 \text{ 1/min}$$

$$v_k = (d_1 \cdot n_1 \cdot \pi) / 60 = (0,08 \text{ m} \cdot 31,66 \text{ 1/min} \cdot \pi) / 60 = 0,133 \text{ m/s}$$



23. ábra. A motor terhelései

ahol:

n_1 : fogasszíjtárcsa [7] fordulatszáma

n_2 : motor fordulatszáma

i : csigahajtómű áttéte

v_k : kerületi sebesség

d_1 : fogasszíjtárcsa átmérője

Fóliázási sebesség meghatározása:

$$v_{fóliázás} = d_1 \cdot \pi \cdot n_1 = 0,08 \text{ m} \cdot \pi \cdot 31,66 \text{ 1/min} = 7,957 \text{ m/min}$$

Szükséges fóliázási sebesség 3 átlagos elem/perc, azaz 20 s idő elemenként. Egy átlagos panel magassága 2200 mm.

$$s_{teljes} = s_{panel} \cdot 3 = 2200 \text{ mm} \cdot 3 = 6600 \text{ mm}$$

Egy perc alatt szükséges táv megtétele 6600 mm. A biztosított táv 7957 mm. Tehát a motor biztosítja a szükséges fóliázási sebességet.

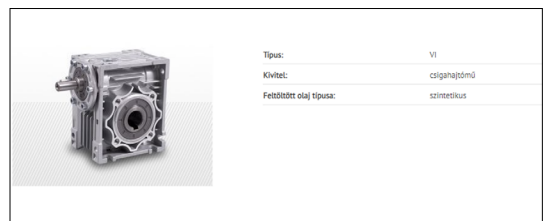
6. Következtetések

A konstrukció ellenőrzése során, a végeselem-módszer kiértékelése után rájöttem, hogy a szerkezet meglehetősen túl van biztosítva, azonban a szerkezet merevsége miatt ez a túlméretezés statikailag mégis indokolt.

A különböző gépelemek, például a lineáris vezető vagy az azon futó lineáris kocsi méretezése és kiválasztása után kiderült, hogy ezeket a gépelemeket nagyon kicsi kihasználtsággal tudom működtetni, mivel a rájuk ható terhelések is alacsony értékeket vesznek fel.



24. ábra. Háromfázisú aszinkron motor [8]



25. ábra. VI. típusú csigahajtómű [9]

További tervezési feladatként merül fel a részegységek alkatrészeinek megfelelő megválasztása, és ezek energiaszükségletének biztosítása. Emellett a munkabiztonság növelésére is nagyobb figyelmet kell fordítani, ezért fénykapukkal érintésvédelmet, elakadásvédelmet, túlterhelés eseti védelmet kell biztosítani.

Fejlesztési irányként kijelöltük a teljes automatizálást, ami azt jelenti, hogy a fóliatekereszt csak cserélni kellene, és csak egyszer kell befűzni a tekercs megkezdésekor. Valamint egy új típusú automata levágórendszer fejlesztése szükséges annak érdekében, hogy a dolgozónak csak anyagmozgatást kelljen végeznie. A fólia vágására azért is van szükség, mert nem minden liftajtó ugyan olyan széles, azonban a fólia szélessége meghatározott, ezért a hulladék elkerülése érdekében még egy vágási rendszert és pályát kell tervezni és programozni. Ez a fejlesztés akár még a termelékenységet is növelheti, hiszen amennyiben a fólia szélessége legalább kétszerese a fóliázandó elemeknek, akkor egy munkaütem alatt két elemet tudna fóliázni a gép. Ennek támogatására egy könnyen kezelhető, érintőképernyővel ellátott, programozott PLC-t szeretnénk bevezetni. Ezzel a PLC-vel szeretnénk elérni, hogy a dolgozó néhány adat megadásával a lehető legjobb anyagkihozással tudjon dolgozni, a lehető legrövidebb idő alatt.

További fejlesztési cél, hogy ne csak liftajtókat és annak dekoratív elemeit, hanem oszlopok burkolását is lehetővé tegyünk. Ehhez külön mozgatószegmenseket kell tervezni a különböző magasságú elemek miatt.

Köszönetnyilvánítás

A kutatómunkát a Nyíregyházi Egyetem Tudományos Tanácsa támogatta.

Szakirodalmi hivatkozások

- [1] Solidworks
- [2] Ansys
- [3] https://www.powerbelt.hu/uploads/source/catalogs/4460_sme_kbe.pdf
- [4] [https://www.powerbelt.hu/uploads/source/catalogs/4457_sa_ftsn_gw_%C3%BAj%20\(1\).pdf](https://www.powerbelt.hu/uploads/source/catalogs/4457_sa_ftsn_gw_%C3%BAj%20(1).pdf)
- [5] https://www.hennlich.hu/fileadmin/user_upload/KATEGORIEN/Luftduesen/Mehrkanalduesen/Dokumente/hu_Druckluftduesen_600.130.56.pdf
- [6] https://www.hafnerpneumatika.com/caf/caf_6-10
- [7] https://www.powerbelt.hu/uploads/source/couplings_pulleys_joints/sit/Timing-pulleys-taperbush-HTD.pdf
- [8] https://www.powerbelt.hu/uploads/source/catalogs/ta_motor_type_catalogue.pdf
- [9] https://www.powerbelt.hu/uploads/source/catalogs/vi_gearbox_catalogue.pdf