

DIPLOMADOLGOZAT

Fábián Dávid Mihály
Gépészmérnök szak

Gödöllő
2022

**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Gépészmérnök Szak**

**Kerámiaipari présszerszám tervezése, integrálása a gyártási
folyamatba**

Belső konzulens: Dr. Oldal István
egyetemi docens, tanszékvezető

Külső konzulens: Simon Szabolcs
üzemvezető

Készítette: **Fábián Dávid Mihály**
KXOI5J
levelező tagozat

Intézet/Tanszék: Géptani és Informatikai Intézet

**Gödöllő
2022**

MŰSZAKI INTÉZET GÉPÉSZMÉRNÖK MESTERSZAK
Műszaki fejlesztő specializáció

DIPLOMADOLGOZAT

feladatlap

Fábián Dávid Mihály (KXO15J)

részére

A diplomadolgozat címe:

Kerámiaipari prészerszám tervezése, integrálása a gyártási folyamatba

Feladatkiírás:

Vizsgálja meg egy olyan kerámiaipari sajtószerszám lehetőségét, amely gazdaságosan integrálható a meglévő gyártási folyamatban és minimum 20% növekedést tesz lehetővé a sajtógép gyártási volumenében. Tervezze meg a sajtószerszám konstrukcióját, majd ellenőrizze azt szilárdsági szempontból. Elemezze a szerszám fejlesztési lehetőségeit.

Közreműködő tanszék: Mechanikai Tanszék

Külső konzulens: *Simon Szabolcs* üzemvezető, Zalakerámia Zrt., 8946 Tófej, Rákóczi út 44.

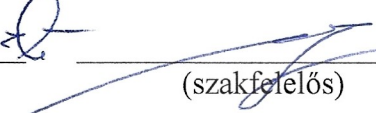
Belső konzulens: *Dr. Oldal István* egyetemi docens, MATE, Műszaki Intézet

Beadási határidő: 2022. 11. hó 02. nap


Gödöllő, 2022. hó nap

Jóváhagyom


(tanszékvezető)


(szakfelelős)

Átvettem


(hallgató)

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

Romhány, 2022. 11. hó 08. nap


(külső konzulens)

Tartalom

1.	Bevezetés.....	4
2.	Burkolólap gyártás és sajtolás technológiája.....	5
2.1	Kerámia burkolólapgyártás technológiája	5
2.2	Hidraulikus présgépek	9
2.3	Sacmi PH 2890 hidraulikus présgép	16
2.4	Burkolólapgyártás sajtószerszámai.....	19
3.	30x60 formátumú három fészkes szerszám tervezése Sacmi PH 2890 présgépre	25
3.1	Követelmények	25
3.2	Sajtónyomás ellenőrzése.....	27
3.3	Konstrukció előzetes vizsgálata.....	30
3.3.1	Követelményrendszer felállítása a szerszám méretire vonatkozóan	30
3.3.2	A követelmények teljesülésének vizsgálata	31
3.4	Szerszám konstrukciós tervezése.....	36
3.4.1	A szerszám alaplemezének megtervezése	36
3.4.2	A szerszám mobil lapjának megtervezése	42
3.4.3	A szerszám mágneses tuskóinak megtervezése.....	46
3.4.4	A szerszámkeret megtervezése	51
3.5	Szerszám szilárdsági ellenőrzése	57
3.5.1	Tuskók, mobil lap és alaplemez szilárdsági ellenőrzése	57
3.5.2	Szerszámkeret szilárdsági ellenőrzése.....	60
4.	Konklúzió	62
4.1	Fejlesztési lehetőségek.....	62
4.2	Végleges szerszámterv	67
5.	Összefoglalás	69
6.	Summary.....	70
7.	Irodalom	71

1. Bevezetés

2020 júniusa óta dolgozom a Zalakerámia Zrt. romhányi gyáregységében gyártástámogató mérnökként. A vállalat fő profilja kerámia burkolólapok gyártása. A romhányi gyáregységben – ahol tevékenykedem – a padlólapok gyártása, míg a vállalat tófeji gyárában a falilapok gyártása zajlik. Főbb feladataim a termelés gépeinek fejlesztése, rendelkezésre állásának javítása, új berendezések beüzemelése.

A diplomamunkám témáját a munkahelyem egyik műszaki kihívása szolgáltatta. A probléma a gyártási kapacitásunkban jelentkezett az üzem egyik gyártósorán. A kerámia gyártás folyamatában hatalmas gázfogyasztású gépek dolgoznak, a legtöbb esetben földgázt használnak, ahogy a romhányi gyárban is. A burkolólapgyártás esetén az egyik ilyen nagy gázfogyasztó berendezés az égető kemence, ami a nyers burkolólapok kiégetésére szolgál, az égetés során készül el a késztermék. A kemence egy 70-150 m hosszú zárt görgős pálya (esetünkben 140 m hosszú), amit a hossza mentén különböző hőmérsékletűre fűtünk, a legforróbb pontja 1200 °C-ot is elér. Egy ilyen berendezés leállítása és újraindítása napokat vesz igénybe, ugyanis a túl gyors lehűtés és felfűtés olyan hősokkot okozna, ami tönkre tenné a gépet. Ezen okokból kifolyólag minden burkolólap gyártó célja, hogy a kemence legyen a gyártás szűk keresztmetszete, hogy annak kihasználtsága a lehető legmagasabb legyen (98% felett elfogadható). Leegyszerűsítve a célunk, hogy a kemencébe szükségszerűen elfogyasztott tetemes földgáz mennyiség értéket, azaz burkolólapot állítson elő. Különösen hangsúlyos ez a jelenlegi energia árak tekintetében (2022).

Egy bizonyos formátum, a 30x60 cm-es formátum esetén megfigyelhető volt, hogy a szűk keresztmetszet, habár a kemence, de nem sokkal nagyobb gyártási volumennel rendelkezik a sajtógépünk. A gyakorlatban ez olyan problémát okoz, hogy a sajtógép folyamatos működés mellett tudja biztosítani a félkész terméket a kemence számára, de ehhez 90% feletti rendelkezésre állása szükséges. Ilyen magas rendelkezésreállítás a burkolólap gyártás sajtógépei között nagyon magas, hasonló feltételek mellett nagy kihívás a tervezett karbantartások, termékváltások és rendszeres takarítások elvégzése is, nem is beszélve egy esetleges nem várt műszaki hiba megoldásáról. A problémát a fészkek szerencsétlen kiosztása okozza a formátum esetében, más formátumoknál egy lökettel nagyobb mennyiséget (felületet) tud előállítani a sajtógép. Számításaink szerint a gyártási volumen 20%-os növekedése tudná biztonságosan ellátni a kemence töltöttségét egy reális, 75%-os sajtógép rendelkezésre állás mellett.

Bebizonyosodott, hogy a terv megvalósításához a legkézenfekvőbb megoldás, ha egy olyan szerszámmal látjuk el a sajtógépet, ami a jelenlegi két fészkek helyett hárommal rendelkezik, tehát egy préselési ciklusban másfélszer annyi lapot állít elő. Ez természetesen megannyi kihívást fog jelenteni, ugyanis ezzel a sajtógépet egy jóval magasabb teljesítménytartományban kell használnunk és a fészkek elrendezése is drasztikusan megváltozik, ami egy merőben új sajtószerszám konstrukciót kíván.

A diplomamunkám célja egy olyan három fészkes sajtószerszám megtervezése az említett sajtógépünkhöz, ami képes biztosítani a 20%-os termelő kapacitás növekedést a meglévő sajtógépen és alkalmazható annak átalakítása nélkül.

2 Burkolólap gyártás és sajtolás technológiája

2.1 Kerámia burkolólapgyártás technológiája

Ha a kerámia burkolólapok gyártását szeretnénk bemutatni, fontosnak tartom, hogy meghatározzuk magának a kerámiának a fogalmát. Hogy mi is az a kerámia? Erre több tucat definíció létezik, de véleményem szerint nagyon jól lehet definiálni a következőképpen:

„minden termék, ami nem fémes, szervesetlen alapanyagból készül (akár ásványokból vagy mesterséges anyagokból) és inkoherens por állapotból alakítunk át különböző folyamatok segítségével félkész terméké, majd kiégetés során válik szilárd, részben kristályos, részben üveges szerkezetű tárggyá”. [1]

Gyakorlatilag minden átalakulás és-vagy keveredés égetés után válik állandóvá. Amikor a burkolólapok (és általában az építőipar kerámia alapanyagairól) szervesetlen alapanyagairól beszélünk, akkor fontos megemlíteni, hogy ezek az ásványok a föld kérgén megtalálható leggyakoribb elemekből épülnek fel, így nem csoda, hogy ilyen széles körben és gazdaságosan alkalmazható technológia épül rájuk. Az 1. táblázatban láthatjuk a kerámia burkolólap gyártás klasszikus alapanyagait és azok jellemző kémiai összetételét (az ásványok kémiai összetétele a kitermelés helyétől is függ). [2]

1. táblázat A burkolólap gyártás alapanyagának jellemző kémiai összetétele, ahol: A-agyag, B-fehér agyag, C-vörös agyag, D-káliumos földpát, E-nátriumos földpát, F-földpátos homok, G-kvarchomok

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P.F.
	%								
A	55-65	22-29	0,5-1	0,5-1	0,5-1	0,1-0,5	1-2	0-1,5	6-8
B	50-60	25-30	0-1	0,5-1	0,1-0,5	0,1-0,5	0,5-1	0,5-1	7-12
C	60-65	15-20	0,1-0,5	0,6	1-2	0,5-1	2-3	1-1,5	6-8
D	65-75	12-18	0,1-0,5	0,5-1	0,5-1	0,5-1	6-8	1-2	1,5-2,5
E	69-71	18-20	0,2-0,5	0,5-1	0-1	0,1-0,5	1-1,5	6-7	0,5-1
F	80-82	9-11	1-1,5	1-3	1-2	0,5-1	2-3	1-2	2-4
G	92-96	2-3	0,5-1	1-2	0,5-1	0,5-1	0,1-0,5	0,1-0,5	1-3

A burkolólap gyártásnak egyértelműen két fő csapásvonala van, melyek gyártási technológiája is jelentősen eltér egymástól.

Az egyik ágazat a falicsempék gyártása. Mivel a fali csempék teljesen más igénybevételnek vannak kitéve, valamint esztétikailag is más elvárások támasztottak velük szembe, így más alapanyagokból és kis mértékben eltérő technológiákkal, de az azonos technológiák tekintetében is jelentősen eltérő technológiai paraméterekkel készülnek. A főbb különbségek, hogy:

- a fali lapoknak nem kell akkora mechanikai igénybevételt elviselni
- fagyállóság (vízfelvétel) tekintetében sincsenek velük szemben olyan szigorú követelmények
- ellenben szigorúbb alaki és esztétikai követelményeknek kell megfelelnie (általában sokkal inkább szem közelben van egy fali lap, így a mázolás, dekorálás és a fuga esztétikusabb kell, hogy legyen)

A másik fő burkolólap típus a járólapok (az általam tervezett szerszám is járólapgyártó üzembe készül). Az ilyen típusú burkolólapok jóval nagyobb szilárdsággal rendelkeznek, viszont az alaki és a dekorációs elvárások valamivel lazábbak a szabvány szerint (MSZ EN 10545-2.

1999). A nagyobb szilárdságra és kisebb vízfelvételre azért van szükség, mert ezeket a lapokat szélesebb körben alkalmazzák, akár kültéren is, valamint gyakran járművek súlyát is el kell bírniuk. Ahogy említettem a nagyobb szilárdság a különböző alapanyagokkal és technológiai paraméterekkel érhető el, mint például:

- több „olvasztó” hatású alapanyag, hogy amorfabb, tömörebb szerkezetet kapjunk kiégetés után
- a nagyobb égetési hőmérséklet is az előző célt szolgálja
- az nagyobb alkalmazott sajtónyomás a félkész termék gyártásnál is a nagyobb tömörséget szolgálja

Fontos megemlíteni, hogy a préselt „nyerslap” a kiégetés során jelentősen zsugorodik, ennek mértéke járólapoknál 6-7% (az én esetemben ~9%), falilapoknál ez az érték általában alacsonyabb, sokszor 0% közeli. Sajnos a zsugorodás nagyban megnehezíti az alaki követelmények betartását, valamint a nagyobb hőmérsékletű égetésnél a termék sokkal inkább hajlamos deformációt elszenvedni az égetés során, így a járólap gyártás gyakran nagyobb kihívást jelent a fali lapokhoz képest [2].

A fali és járólapoknál is alapvetően két típus különböztethető meg a test összetétele szerint: a vörös és a fehér testű lapok. Röviden összefoglalva a fehér testű lapok esztétikusabbak és gyakran jobb szilárdsággal és vízfelvétellel rendelkeznek, viszont jóval drágább alapanyagokból készülnek, így ezek általában a prémium burkolólapok, a vörös testű lapok sokkal gyakoribbak. Sajnos a jelenlegi (2022) Orosz – Ukrajna háború miatt a fehér testhez szükséges alapanyagok - mint például fehér agyag és kaolin - elérhetősége jóval korlátozottabb (Ukrajnából importálták az európai gyártók, sokak szerint a legjobb minőségű alapanyagok voltak a piacon, a legjobb minőségű olasz és spanyol lapok is ezekből az alapanyagokból készültek), így a vörös testű lapok aránya tovább nőtt a piacon.

Mind a falicsempe, mind a járólap modern gyártásának technológiájában két típust különböztethetünk meg: az egyszer- és a kétszer égetés technológiáját. A két eljárás között a különbség, hogy a kétszer égetett (bicottura) termékeknél a formaadást (préselést) követően a nyerslap egyenesen a kemencébe kerül, ahol megtörténik a kiégetés, majd az így készült „biscuit” lap kerül a mázolószalagra, ahol megkapja az alapréteget, a dekort és a kopóréteget, amit egy újabb, kisebb hőmérsékletű égetés során stabilizálnak a lapon. Ezzel szemben az egyszer égetett (monocottura) termékek a formaadás után csak egy 220 C°-os szárító kemencébe kerülnek, majd nyersen kapják meg a mázakat és a dekort, ez után egy égetés során megy végbe a test és a máz kiégetése [2].

Régebben a bicottura eljárás volt az elterjedtebb, ugyanis sokkal egyszerűbb jó minőségben gyártani a technológiával. Ennek az oka, hogy a máz és a csempe teste különbözően zsugorodással majd tágulással reagál a bevitt hőre, így kvázi bimetallként viselkedve alaki hibákat okozhat a burkolólapon (élíveltség, középponti íveltség stb.). Tehát a monocottura változatnál a termék sokkal érzékenyebb a máz és az alaptest összetételére, paramétereire, valamint a termelés paramétereire, főként az égetési hőgörbére.

Ennek ellenére napjainkban leginkább az egyszerégetett gyártást alkalmazzák (kétszerégetettel is találkozhatunk, körülbelül 20 évnél régebbi üzemekben). Ennek oka, hogy az előbb említett módszer sokkal takarékosabb minden tekintetben:

- egy égető kemencét megspórolhatunk egy szárítókemencével, így kisebb a helyigény, a beruházás költsége, a géppark bonyolultsága
- valamint talán ennél is fontosabb, hogy rengeteg energiát (földgázt) spórolhatunk a technológia alkalmazásával

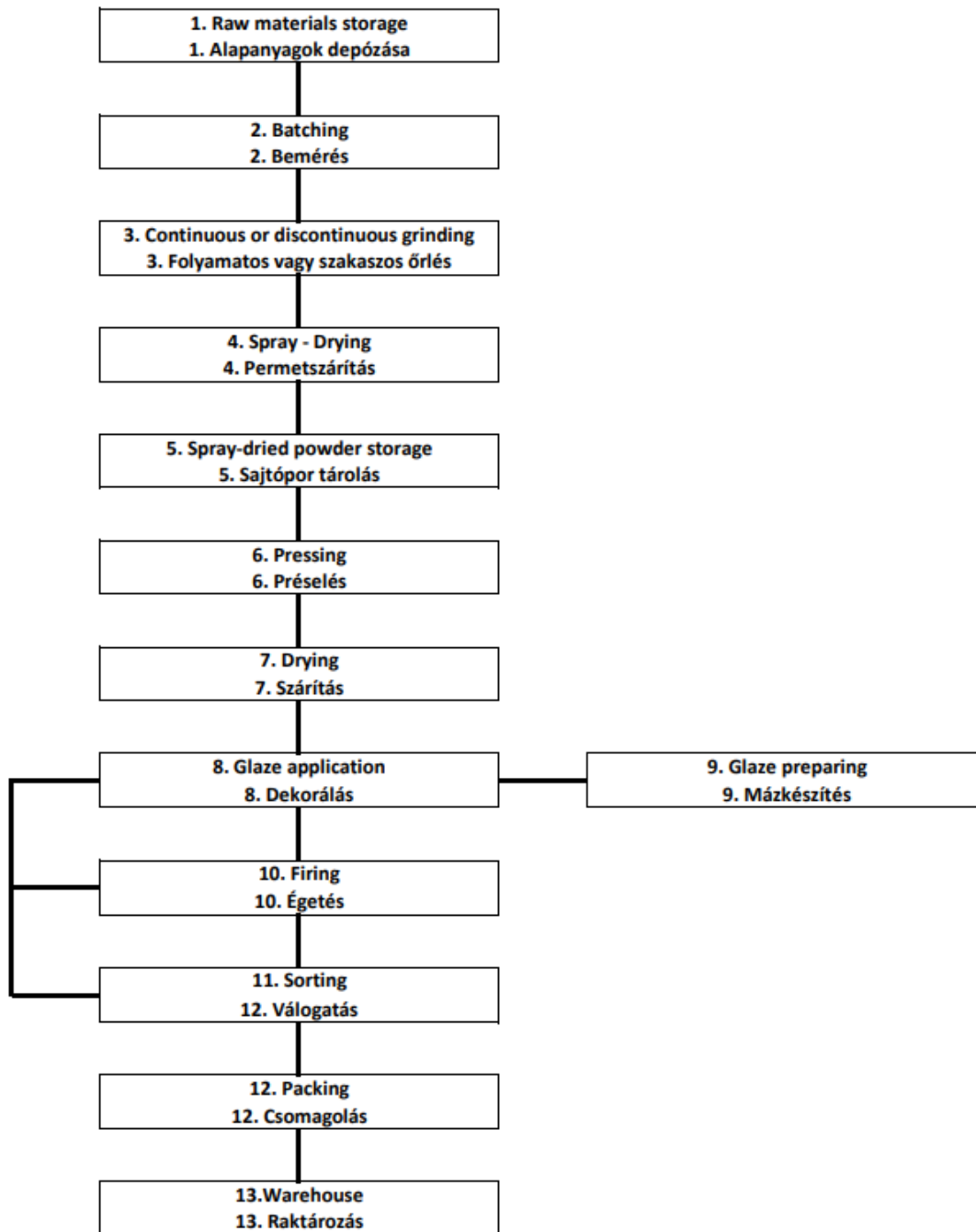
Az üzemben, ahol az általam tervezendő szerszám üzemelni fog, egyszer égetett, vörös testű járólapot készítünk (gyakorlatilag a leginkább elterjedt technológia), így ezt a fajta gyártási folyamatot szeretném röviden bemutatni [2].

1. A gyártási folyamat az alapanyagok depózásával kezdődik. A beérkezett alapanyagokat egymástól elkülönítve, különböző fakkokban tárolják. A beérkezett alapanyagot gyakran úgy terítik egy szállítószalag híd segítségével, hogy a különböző beszállítások minél inkább homogenizálódjanak.
2. Innen az alapanyagokat a beadagoló fakkokba szállítják. Ezek olyan tárolók, aminek az aljából egy szalagmérleg hordja ki az alapanyagot egy közös szalagra. A mérlegek össze vannak kapcsolva egy számítógéppel, ami a beállított recept szerint inverterrel vezérli a szalagok sebességét, így állítva be a közös szalagon az alapanyagok összetételét.
3. A bemért, megfelelő összetételű alapanyag innen egy golyósmalomba kerül. A golyósmalom tulajdonképpen egy nagy űrtartalmú dob, ami belülről speciális kopásálló, bordás gumibetétekkel van kibéelve (régebben alumínium oxid téglával voltak belülről falazva), és szilícium dioxid vagy újabban Alubit® (alumínium oxid) golyókkal van feltöltve. A golyók 30-50 mm átmérőjűek, de természetesen az őrlés során kopnak így nem egységes a méretük a golyósmalomban, heti szintellenőrzés szükséges és adott esetben utántöltés. Régebben úgynevezett szakaszos malmokat használtak, ezeknek a lényege, hogy feltöltötték őket a megfelelő mennyiségű alapanyaggal és vízzel, majd egy adott ideig őrltek, aztán lecsapolták a dobot. Ma már sokkal inkább elterjedtek a modernebb folyamatos malmok. Ennél a konstrukciónál folyamatosan adják hozzá a forgó dobhoz a vizet és az alapanyagokat, a kijáratán pedig folyamatosan folyik ki a kész „massza”. A folyamatos malmok 2-3 tagból állnak, a modernebb konstrukciók egy hosszú tagból, amit belülről kamrákra osztanak. Az így készült masszát rázószitákon szűrik, majd kádakban homogenizálják. A malom fordulatanak és a beadagolt mennyiségek vezérlésével állítható be a hozam (mi esetünkben 10-11 t-óra szárazanyag), és a főbb minőségi jellemzők, mint sűrűség és szitamaradék.
4. A homogenizált masszából a következő lépésben úgynevezett „préspor” állítanak elő. Ehhez egy nagy teljesítményű permetszáritó berendezést használnak. A folyamat a következő: a masszát a kádakból dugattyús szivattyúkkal 25-30 bar nyomáson, fúvókákon keresztül a permetszáritóba fecskendezik. A permetszáritón egy gázégő található, ami nagyjából 600 C°-os levegőt állít elő (függvénye a befecskendezett mennyiségnek és a kívánt préspor nedvességtartalomnak), szintén található a permetszáritó oldalán egy kivezetés is, ahol ciklon porleválasztókon keresztül egy ventilátor szívja át a levegőt a gázégő felől. Áramlástanilag úgy van kialakítva a konstrukció, hogy a gázégő felől érkező 600 C°-os levegő egy örvényt alkot, amibe a befecskendezett masszacseppekből szinte azonnal távozik a víz, majd az így kialakult részecskék lehullanak a szerkezet kúpos aljába, ahonnan aztán szállítószalagra kivezetik. A permetszáritó utáni ciklon porleválasztók inkább már csak környezetvédelmi célt szolgálnak, az ezekkel leválasztott por mennyisége csekély, de természetesen ezt is hasznosítják. A biztonság kedvéért az elszívó ventilátor utáni kéményben is található egy nedves porleválasztó, hogy a környezetbe ne kerüljön por. Az így készült por nedvességtartalmát 4-7% közé állítják be, a permetszáritó alól szalagrendszer silókba szállítja, ahol szintén homogenizálják.
5. Az elkészült sajtóport a permetszáritó alól szállítópálya egyenesen silókba szállítja. A sajtópor ideális esetben 2-3 napot pihen a silókban, ahol szintén homogenizálódik a nedvessége. A túl sok pihenés sem tesz jót a sajtópornak, ebben az esetben kiszárad, 2-3 héten belül el kell használni a készített sajtóport (függ a nedvességtől).

6. A silókból egy szállítószalag rendszeren keresztül a présgépekbe kerül, pontosabban a felettük lévő puffertartályba. A préselés kiemelten fontos része a folyamatnak, ugyanis a formaadás közben több tényezőnek is teljesülnie kell a kívánt minőségű burkolólap előállításához. Ilyen tényezők például a portöltés egyenletessége, a sajtónyomás pontos elosztása, a pontos szerszám stb. A présgép, mint egység 3 fő részre bontható, ezek a töltőkocsi, a hidraulikus prés (ehhez sorolnám annak hidraulikus szivattyúját is), valamint a sajtószerszám. A töltőkocsi a prés hátuljára van csatlakoztatva, a feladata a présor egyenletes betöltése a szerszám fészkeibe, a szerszámban a formaadás valósul meg, míg a hidraulikus prés értelemszerűen a sajtóerőt, valamint a szerszám mozgatásához szükséges erőt szolgáltatja. A gép a sajtolt „nyerslapokat” vízszintesen, fejfelé távolítja el egy görgős szállítópályára, ahol ez után egy megfelelő géppel megfordítják, hogy a „nemes” felülete legyen felül.
7. A préselt nyerslap ezután egy szárító kemencébe kerül. Az említett gép belülről görgős pályákkal van ellátva és gázégőkkel 200-220 °C-os hőmérsékletre van felfűtve, nagyjából 20 percet töltenek a lapok a szárítóban. Hely- és energiatakarékossági szempontból gyakran több szintes (3-5 szintes) szárítókat gyártanak, a be és a kijáratánál elevátor mozgatja a lapokat. Régebben szintén helytakarékosági szempontok miatt vertikális szárítókat is alkalmaztak, manapság ezek már ritkábbak. A szárításra azért van szükség, mert a préselt lap ekkor még mindig 4-7% nedvességtartalmú. A nyerslap ilyen nedvességtartalom mellett nagyon törékeny, ezért a nedvesség értékét 1% körülire szorítják le. A szárítás másik előnye, hogy az ez után felvitt mázak homogénebben terülnek a meleg lapon.
8. A szárító kijáratából a lapok egyenesen a mázolószalagra kerülnek. Ez egy nagyjából 100 méter hosszú szalagrendszer, amin többek között helyet kap egy alapmázat („engóbot”), a dekort és a kopóréteget felvivő készülékek, hogy a legfontosabbakat említsem. Az alapréteget és a kopóréteget padlólapoknál porlasztva viszik fel mialatt a lapok áthaladnak a kabinban. A dekorálás kb. 40 évvel ezelőttig szitákon történt, később gumihengerekkel vitték fel a lapra, az elmúlt 10-20 évben a digitális nyomtatók terjedtek el, ezek nagy teljesítményű tintasugaras nyomtatók. A mázolt lapok a szalagrendszer végén egy sok szintes görgős tárolókocsiba kerülnek.
9. A mázak előállítása is a burkolólap gyártóknál történik. Erre a célra szintén golyósmalmokat használnak, a kellően megőrölt mázakat többször is átszitálják használat előtt.
10. A tárolókocsikból a lapok a görgős kemencébe kerülnek. A kemence acél vázzal rendelkezik, amit samottéglával falaznak fel, benne görgős pályán haladnak végig a burkolólapok. A kemence földgázzal van fűtve, zónákra van bontva, amiknek a külön vezérlésével alakítható ki a kívánt hógörbe a lap felett és alatt is. Az égetési zónában 1150-1200 °C-os a hőmérséklet (változó, nagyon fontos technológiai paraméter), így a görgős pályán kerámia görgőket alkalmaznak. Az égetés technológiailag az egyik legérzékenyebb része a folyamatnak. A késztermék a kemencéből lapos, mozgatható platformokra kerül (több szintben egymásra rakva).
11. A platformokról a lapok a válogatósorra kerülnek itt a lapokat optikailag-esztétikailag, alakilag, méretileg és síkság alapján is osztályozzák. Ez után csak a minőség, méret és színárnyalat szerint is megfelelő lapok kerülnek egy dobozba, majd egy raklapra. A válogatás és csomagolás teljes mértékben automatizált napjainkban, beleértve az optikai (AOI géppel), a méret és síkság ellenőrzését is.
12. A burkolólapokat minőség (első- vagy másodosztály) és méret (kaliber) szerint kartondobozba csomagolják, raklapra helyezik, majd általában pántolják és zsugorfóliázzák is.

13. Végül az elkészült késztermék raklapok a készáru raktárba kerülnek.

A technológia folyamatábráját az 1. ábrán láthatjuk [2].



1. ábra A kerámia burkolólapok gyártásának technológiai lépései [2]

2.2 Hidraulikus présgépek

A hidraulikus présgépeken a por alakú kerámia alapanyagból félkész termék állítható elő, elsődleges formaadás történik. Ezek a sajtógépek olyan gépek, amelyekben a préselési művelet a hidraulikus nyomás deformációs erővé történő átalakításával történik. Mivel a hidraulikus körfolyamatokban használt olajok gyakorlatilag összenyomhatatlannak tekinthetők, azaz a rájuk ható nyomás növelésével nem csökken a térfogatuk, mint a gázoknak. Mivel a térfogatuk

nem csökken, a rájuk gyakorolt nyomás azonos intenzitással jut el az áramkör minden pontjára, ami azt eredményezi, hogy ha egy kis keresztmetszetű korból származó, nyomás alatt lévő olajat egy nagyobb keresztmetszetű hengerrel hozzák érintkezésbe, nyomásnövekedést kapunk, ahogyan „Pascal törvényéből” tudhatjuk. A hidraulikus sajtógépek jól bevált berendezések a nagy mennyiségű, azonos méretű terméket gyártó épületkerámia-iparban. Előnye a nagy üzembiztonság és megbízhatóság akár mostoha körülmények között is. Az ilyen típusú gépek kiválóan alkalmasak nagy méretű termékek előállítására [3].

Először szeretném bemutatni az ilyen típusú gépek alapvető részeit, majd egyenként részletezném azok feladatát, működését. A kerámia burkolólap gyártásban a hidraulikus sajtógépek részei a következők:

- a) gép váza
- b) sajtócsoport
- c) töltőegység
- d) kilökő berendezés
- e) szerszám
- f) hidraulikus kör

a) A prés szerkezete a gép fő alkotóelemeit tartó vázként definiálható, ezért egyes gyártók "tartószerkezetként" emlegetik. Nem szabad elfelejteni, hogy a présgépek olyan gépek, amelyek erőt fejtenek ki "önmagukra", ezért a jó szerkezetnek képesnek kell lennie arra, hogy egyenletesen elnyelje a préselés során keletkező feszültségeket, még akkor is, ha a préselést véletlenül kiegyensúlyozatlan szerszámterheléssel végzik; emellett a szerelvénynek magas rugalmassági modulussal kell rendelkeznie és ellen kell állnia a kifáradásnak. A szerkezet kialakításának egy másik fontos tényezője az oszlopok közötti távolság, ugyanis a nyomóerő mellett ez határozza meg, hogy hány fészkes szerszámot szerelhetünk a gépbe, tehát összefüggésben van a termelékenységével. A vázszerkezet a következő, további alkotóelemekre bontható [5]:

- Prés pad: az a vázelem, ami a talajhoz kapcsolja a prést, általában egy masszív öntvény alkatrész, felülről nagy pontossággal síkba van munkálva, ugyanis itt helyezkedik el benne a kidobó berendezés és a szerszám is erre a bázisfelületre fekszik fel. Szintén a préspadhoz kapcsolódnak az oszlopok is.
- Felső híd: a gép vázát felülről összekötő súlyos öntvény. Természetesen nem csak mechanikailag fontos alkotórész, hanem technológiailag is, egy belső tartályában helyezkedik el a hidraulika olaj tankja, a tankban a nyomásfokozó („multiplikátor”), ami a szintén a hídhöz kapcsolódó sajtócsoportot látja el.
- Oszlopok: összekötik az előbb említett két képalkatrészt, mivel a hidraulikus munkahenger azok közt fejt ki erejét, így értelemszerűen az oszlopok feladata ellenállni az akár 10 ezer tonnás húzóerőnek is. Alapvetően az oszlopok tekintetében is három kialakítás létezik. A lemezes szerkezetű préseknél egy vastag acéllapból készült elő- és hátlap között helyezkedik el a pad és a híd, majd az alkotóelemeket összehegesztik vagy összecsapolják (pl. Siti B&T EVO sorozat). Az oszlopos szerkezetű préseknél ténylegesen acélrúdból készült oszlopokat alkalmaznak, a 2000 tonna alatti préseknél oldalanként egyet, a hídba és a padba befogott részük elő van feszítve, hogy kisebb legyen a nyúlásuk a préselés közben, 2000 tonna feletti préseknél 2-2 oszlopot használnak oldalanként, ami körül egy vastos acélhüvely helyezkedik el, ami a teljes oszlopot előfeszíti (pl. Sacmi PH 2000 sorozat). Az utolsó kialakítás a zárógyűrűs konstrukció, itt az összeszerelt vázszerkezet szemből nézve közel kör kialakítású és egy

igen szívós acéllemezzel van összehúzva, hogy minél kisebb rugalmas alakváltozást szenvedjen préselés közben (pl. Sacmi Imola sorozat).

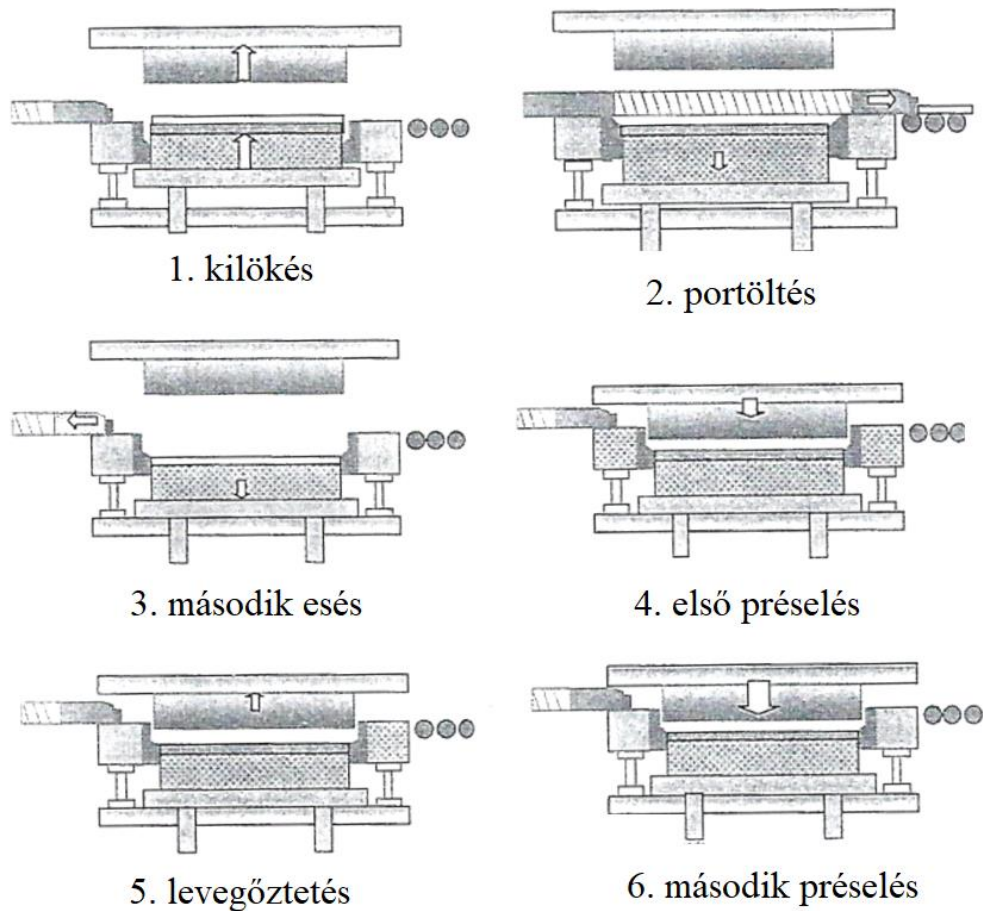
b) A sajtócsoport a fő hidraulikus munkahenger hengeréből és dugattyújából, valamint a hozzájuk kapcsolódó traverzből vagy másnéven „medvéből” áll. A hidraulikus fő munkahenger egy kettős működtetésű munkahenger, amelynek általában a hengere a géphez csatlakozik, a dugattyú végzi a mozgást, amelyhez a medve csatlakozik alulról. A medvére van fogatva a mágneses nyomólap (sokszor izosztikus, azaz hidraulikus is), melyre pedig mágnesesen a felső bélyegek vannak rögzítve. Ahogy korábban említettem a gyártók törekednek a nagyobb oszloptávolságokra, ami nagyobb munkahengereket is kíván, ugyanis, ha a traverznek csak egy kis felületét nyomjuk, akkor az hajlamosabb a nagyobb deformációra, ami minőségi problémákat okoz. Ezért egyes típusokon „fejfelé” alkalmazzák a sajtócsoportot, tehát a dugattyú van a géphez rögzítve és a henger mozog (Sacmi Imola sorozat). Más gyártók még tovább mentek és két párhuzamos munkahengert helyeztek el a hídra rögzítve (Welko WK2 sorozat) [5].

c) A töltőegység fő funkciójuk a présor megfelelő adagolása és elosztása a sajtófészkekben. A berendezés moduláris felépítésű, a présgéphez hátulról csatlakozik, könnyedén el is távolítható róla. A sajtópor a gép feletti puffertartályból először egy úszó garaton keresztül egy vályúba érkezik. Ez a vályú a töltőegységen keresztbe helyezkedik el, az aljára rostélyt szereltek, amit egy pneumatikus munkahenger nyit és zár. Ebből az úgynevezett töltővályúból kerül a sajtópor a töltőkocsi. A töltőkocsi egy olyan hosszirányban mozgatható szerelvény, ami a töltőkocsi asztaláról egészen átmozog a prés szerszáma fölé. A mozgását vagy hidraulikus motor biztosítja proporcionális hidraulikus szeleppel vezérelve vagy fogasszíjon keresztül egy villanymotor hajtja, ami frekvenciaváltóval van vezérelve. A mozgása minden esetben útmérővel van követve. A töltőkocsin helyezkedik el az úgynevezett töltőrács és kitolóléc. A töltőrácsba kerül a vályú nyitáskor a sajtópor, az előre mozgáskor a rács továbbítja a sajtóport a sajtószerszám fészkeibe, miközben a kitolóléc eltávolítja az előzőleg préselt lapot. A kitolóléc egy gumicsíkkal felszerelt keresztirányú lécs, a töltőrács alja szintén gumis lécekkel van felszerelve, hogy visszafele elhúzza a felesleg port a fészkek felől és így egyenletes, homogén töltést kapjunk.

d) A présgépek kilökö berendezése nagyban fog kapcsolódni a későbbi munkámhoz, ugyanis ehhez a részegységhez kapcsolódik a sajtószerszám és ez az a szerkezet, amely a szerszám mozgását végzi. Először is fontos tisztázni, hogy a szerszám alsó bélyegjeinek milyen pozíciókat kell felvennie egy préselési ciklus során [4].

1. Első pozíciónak tekintsük a bélyegek felső helyzetét, mielőtt a töltőkocsi a sajtolt lapot eltávolította. Ilyenkor alsó bélyegek a szerszámkeret síkjában vannak.
2. A második pozíció az „első esés”, ilyenkor az alsó bélyegek leereszkednek egy olyan magasságba, ami a kívánt mennyiségű por behullását eredményezi a bélyegek és a szerszámkeret síkja közé.
3. Az alsó bélyegek addig maradnak ebben a pozícióban, míg portöltés véget nem ér és a töltőkocsi ki nem lép a fészkek felől. Ekkor következik be a második esés. Ilyenkor a szerszám mobil lapja - amire végeredményben az alsó bélyegek fogatva vannak – le nem fekszik a sajtógép padjára. Erre azért van szükség mert a nyomócsoport által kifejlesztett erő ellenkező esetben a kidobó rendszerben található munkahengerek ellenében fejtené ki a sajtolóerőt, ami annak károsodásához vezetne.
4. Ezt követi az első préselés, ilyenkor a sajtógép 30-40 barral elősajtolja a sajtóport, hogy a szemcsék között lévő levegő távozhasson.
5. Az első préselést követi a levegőztetés, ilyenkor a felső bélyegek pár mm-t megemelkednek, hogy a sajtópor szemcséi között ragadt levegő távozhasson.

6. A levegőztetés után azonnal következik a második préselés. Ez a lépés hozza létre a kívánt formát és tömörséget. Ez után az a ciklus ismétlődik.



2. ábra A hidraulikus sajtógépen történő sajtolás lépései [4]

A sajtolás lépéseit a 2. ábrán láthatjuk [4].

Tehát látható, hogy az alsó bélyegeknél 3 pozíciót kell tudni felvennie, így a hagyományos kettős működtetésű hidraulikus munkahengerekkel ez nem megoldható. Ezenkívül a kidobó berendezéseknek még számos követelménynek kell megfelelniük:

- megfelelő kilökő erő
- pontos helyzetfelvétel a mozgás teljes szakaszán
- nagy mozgási sebesség
- az alsó és a felső helyzet közötti párhuzamosság ellenőrizhetősége
- a rendszer vezérlésének integrálása a présgéphez
- rezgésmentesség
- gyors és egyszerű szerszámcsere lehetősége
- gyártásának és karbantartásának gazdaságossága

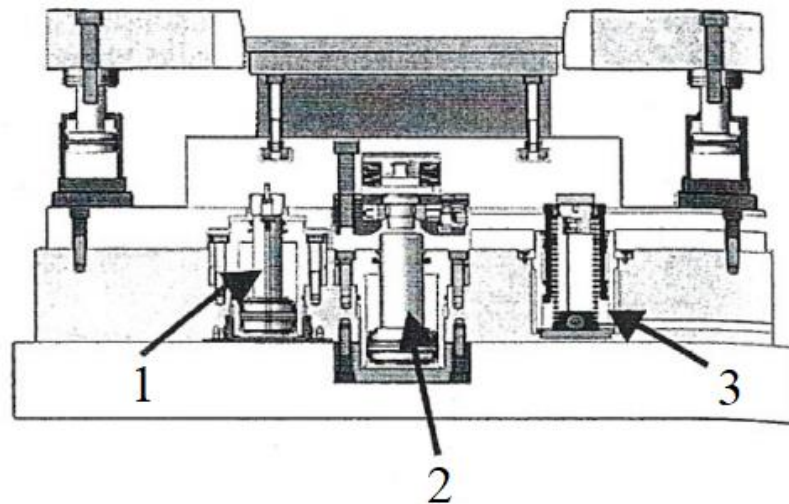
A kilökő berendezések tekintetében három fő típus van még ma is használatban, abból az egyik fajta már elavultnak számít, ezek a következők: SMU, SPE-Synchro, E-Synchro

Az SMU (Sollevamento Multiple Universale) egy nagyjából 30 évvel ezelőtt, a Sacmi gyártó által bemutatott konstrukció, mára elavultnak számít. A megoldás lényegében 6 darab kettős

működtetésű munkahengerből áll (ebben az esetben megoldható csak a szerszámmozgatás), 2 darab a kilökésért felel, míg 4 darab az első esésénél állítja meg a szerszám mobil lapját, majd leereszkedve a második esést valósítja meg. A konstrukció érdekessége, hogy a munkahengerek gyakorlatilag a szerszámban helyezkednek el, legnagyobb hibája, hogy az első esés csak kis mértékben módosítható mechanikusan, további pozíciók beiktatásához szerkezeti kéne átalakítani a szerszámot [5].

Az SPE (Sollevamento Proporzionale Elettronico) konstrukció a Sacmitól és a Synchro fantázianevű konstrukció a Siti B&T gyártótól nagyon hasonló alapokon nyugszik. Ezek a rendszerek úgynevezett arányos vagy „proporcionális” hidraulika szelepekkel vannak vezérelve, így megoldható, hogy gyakorlatilag bármely pozícióban képesek beállni a löketük során. A Synchro rendszer a szerszám mobil lapjának 4 sarkához csatlakozik, 4 külön vezérelt hidraulikus munkahengerrel. A Sacmi SPE konstrukciója csak 2 darab munkahengerrel átlósan csatlakozik a mobil lap sarkaihoz, a másik átlóban az adott oldali csatlakozó munkahengerrel párhuzamosan kötött

munkahengerek támasztják a mobil lapot a tökéletes szintezés érdekében. Az SPE rendszert szintén felszerelik oldalanként egy helyzetátalakítóval, ezek a lineáris mozgást mechanikusan forgó mozgássá alakítják és útmérők („enkóderek”) segítségével ellenőrzik a szerszám pozícióját. Mindkét rendszer a sajtó padjába van integrálva. Az SPE 2+2 metszeti ábráját az 3. ábrán láthatjuk [5].



3. ábra Az SPE 2+2 metszeti ábrája, 1-es a rögzítetlen munkahenger, 2-es a rögzített, 3-as az enkóder mozgásátalakítója [5]

Az E-Synchro rendszer szintén a Siti B&T szabadalma, a Synchro változathoz képest a négy hidraulikus munkahengert villanymotorokra cserélték. Mind a 4 villanymotornak megvan a saját útmérője és frekvenciaváltója (invertere), így állítható be a kívánt sebesség és szintezés. A villanymotorok golyósorsók segítségével alakítják a forgó mozgást lineárisra és emelik meg a szerszám mozgó részét.

e) Ebben a részben csak érintőlegesen szeretnék említést tenni a kerámia burkolólapok gyártásához használt sajtószerszámokról, ugyanis egy ilyen szerszám tervezését tűztem ki célul és egy egész fejezetet szeretnék ezeknek a sajtószerszámoknak rendelni. A szerszám a préselés során látja el a feladatát, a formaadás a segítségével történik. Szerepe kiemelten fontos, hiszen nagyban függ tőle a késztermék megjelenése és fontos minőségi jellemzői. Három féle szerszám típust különböztetünk meg, ezek a behatoló szerszám, a tükörszerszám és a kettős szerszám. Az utóbbi két típus rendhagyóbb, sokkal bonyolultabb ezért nem is annyira elterjedt, lényegük, hogy a sajtolt lap a „nemes” oldalával felfelé készül el és hagyja el a prést. Ez a megoldás csak mázatlan és nagyon magas minőségű termékeknél szükséges. Az általam tervezett szerszám úgynevezett behatoló lesz, ez a nevét onnan kapta, hogy a felső bélyegek

behatolnak a szerszámkeret síkja alá, annak fészkeibe. Az ilyen típusú szerszámok felépítését és működését a 2.4-es fejezetben szeretném kifejteni.

f) A hidraulikus sajtóknál hidraulikus kört többféle módon is feloszthatjuk: egyszer egy magasnyomású és egy alacsony nyomású körre, valamint egy fő körre és egy segédkörre is. A fő kör a nyomó csoport és a hozzá tartozó hidraulikus alkatrészek, a segédkör a kilövő berendezéshez és adott esetben a töltőegységhez tartozó köröket jelenti.

A mozgásokhoz szükséges olajáramot és nyomást mindig egy hidraulikus szivattyú biztosítja. Ez a szivattyú egy külön egységet képez, általában a prés közvetlen közelében foglal helyet. A hidraulikus szivattyút egy vagy akár kettő villanymotor hajtja, a szivattyú általában változó lökettérfogatú axiális dugattyús szivattyú. A szivattyú egy hőcserélőn (a hidraulikaolajat 30-40 °C között kell tartani) keresztül az olajtankból szívja ki az olajat és egy 25 μ -os olajsűrőn keresztül a hidraulikus akkumulátorokba továbbítja. Egy burkolólapgyártó sajtógépeknél elterjedt szivattyútípust a 4. képen láthatunk [6].



4. kép A Sacmi PH 2000-es sorozat változó geometriás axiál dugattyús hidraulikus szivattyúja [6]

Ahogy korábban említettem, az olajtartály a présgép felső hidján, a prés tetején helyezkedik el, a prés méretétől függően 200-400 l olaj található benne. Szintén az olajtartályban található a multiplikátor vagy más néven nyomásfokozó, ami egyenesen a fő munkahengerbe tölti a magas nyomású olajat (300-400 bar) egy szintén a tankban található töltőszelepen keresztül. A tank mindemellett 3 bar sűrített levegővel is fel van töltve, erre több okból is szükség van: kívül tartja a szennyeződések, segít a fő munkahenger töltésében és gátolja az olaj habzását (erre a célra sokszor lemezalkatrészeket is felszerelnek a tankba) [5].

A hidraulikus akkumulátorok célja, hogy a nagy hidraulikus nyomást és olajáramot igénylő művelet, a préseles során tehermentesítse a szivattyút. Egy préselesi ciklus során a szivattyúnak nem egyenletes terhelést kellene elszenvedni, ennek a terhelésingadozásnak a csökkentésére szolgálnak az akkumulátorok, úgy, hogy a mellékmozgások alatt a szivattyú feltölti őket, majd a préseles alatt rásegít az olajáram biztosításában. Ezek az akkumulátorok 110 bar nyomású nitrogénnel vannak feltöltve, a gázt egy gumiballon különíti el az olajtól. Szintén a prés méretétől függően 3-6 darab akkumulátort is alkalmaznak [4].

Szintén a fő áramkör részét képezik különböző funkciókat ellátó szolenoid szelepek és a proporcionális szelep a fő munkahenger töltéséhez. A fő hidraulikus kör jellegzetes alkatrészeit a 2. táblázatban láthatja [5].

A segédkör a kilövő berendezés vezérléséhez szükséges hidraulikus kört jelenti, egyes régebbi préstípusoknál a töltőkocsit is hidraulikus motor mozgatta, ez is a segédkör részét képezte, ma már ezt a megoldást nem alkalmazzák. Amennyiben az elterjedt SPE és Synchro rendszerekről beszélünk a segédáramkör a kilövő berendezés munkahengereit, a hozzájuk tartozó proporcionális szelepeket, a mozgásukat gyorsító kisebb méretű hidraulikus akkumulátort és a

rendszer néhány logikai szelepjét, nyomásmérőit és szabályozóit tartalmazza. E-Synchro szerszámmozgatás esetén egyedül a szerszám rögzítő hidraulikáját sorolhatjuk a segédáramkörbe [5].

2. táblázat A sajtógépek fő hidraulikus körének jellemző alkatrészei [5]

Részegység.	Funkció.
Hengernyomás érzékelő.	Méri az olajnyomást a henger belsejében.
Proporcionális mágnesszelep a traverz emeléséhez és leengedéséhez.	<p>Lehetővé teszi az olaj átjutását a fő munkahengerbe, amellyel a traverz végzi a felfelé irányuló mozgást.</p> <p>Szabályozza a mobil traverz sebességét, következésképpen a fékezést és a porral való ütközési sebességet a fészkekben.</p> <p>Lehetővé teszi a fő munkahenger kiürítését, ezáltal a nyomáscsökkentést és a préselés befejezését.</p> <p>Összeköti az akkumulátorokat a fő munkahengerrel, és felemeli a traverzet a légtelenítés és a ciklus végén a traverz felemelkedésének szakaszában.</p>
Mágnesszelep a töltőszelep aktiválásához.	Ez irányítja az töltő szelep nyitó és záró mozgását.
Töltőszelep.	Lehetővé teszi az olaj átjutását a tartályból a fő munkahenger felső kamrájába.
A nyomásfokozó logikai elemei	Aktiválják a nyomásfokozót, és lehetővé teszik az olaj hozzáférését a szorzókamrához. A préselést nyomásfokozóval segítik. Ezeket mágnesszelepek irányítják.
Proporcionális mágnesszelep a munkahenger vezérléshez.	Szabályozza a préselési sebességet a fő munkahenger felső kamrájába jutó olajáramlás szabályozásával.
Nyomásfokozó	Biztosítja a nyomást az áramkör nyomásánál nagyobb nyomáson. Megakadályozza a vízkalapács jelenséget, ami megnöveli az áramkör elemeinek élettartamát.

2.3 Sacmi PH 2890 hidraulikus prés gép

Az 5. képen [6] látható PH 2890-es típusú hidraulikus sajtógép a nagy múltú (1919 óta létező) Sacmi Imola S.C. SpA olasz vállalat terméke. A cég abszolút piacvezető a kerámia burkolólap gépeinek piacán, az egész világon ismert és forgalmazott márka az iparágban. Habár a gyártó több iparágban is jelen van (műanyag fröccsöntés, lemezalakítás stb.), fő profilja a burkolólapgyártás gépei. A PH sorozatú préseit is kifejezetten a kerámia szektornak tervezte [6].

Az általunk használt PH 2890-es prés viszonylag korai, 1998-as évjáratú. A gyártása idejében a nagyobb prések közé tartozott, ma már inkább kis-közepes présgépnek mondható kis és közepes formátumokhoz (60x60 formátumig bezárólag alkalmazható). A gép fő paramétereit tekintetében fontos kiemelni a maximális sajtóerejét, ami 2890 tonna, valamint az oszloptávolságát, ami 1750 mm, ahogy korábban is említettem ez a két adat bír a legnagyobb jelentőséggel a gép alkalmazhatóságában. Az említett présgép a mai tendenciáknak is abszolút eleget tesz, a hidraulika szivattyúja változó lökettérfogatú axiális dugattyús szivattyú, amit egy 90 kW teljesítményű villanymotor hajt, a kilövő rendszere SPE típusú (2.2 fejezet). A főbb egységeket a 6. ábrán [7] láthatjuk, a PH 2890-es típusú sajtógépet az ábrán szereplő számokra hivatkozva fogom bemutatni [7].



5. kép Sacmi PH 2890 típusú sajtógép [6]

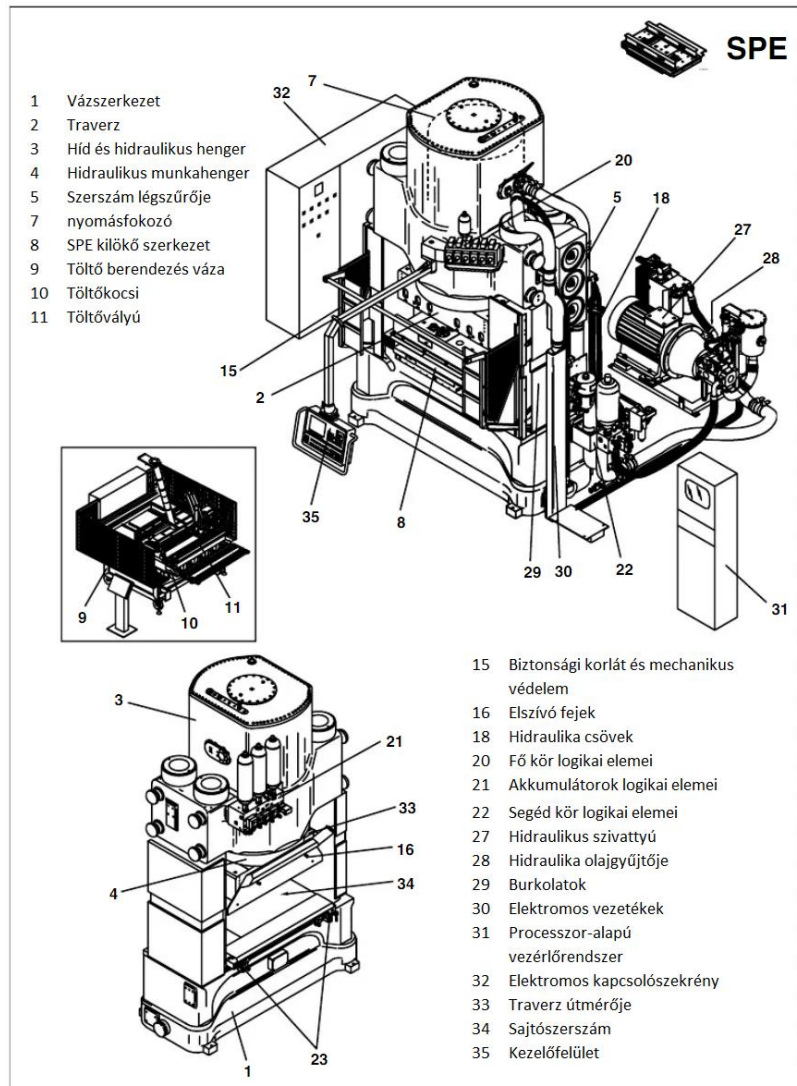
A vázszerkezet (1) ennél a típusnál tartalmazza a padot, a felső hidat amire a nyomócsoport van rögzítve és a hidraulika olaj tankját is tartalmazza. Szintén a váz része a 4 oszlop is, amely ennél a típusnál hüvelyekkel van előfeszítve, a traverz (2) is az oszlopokon van megvezetve kopásálló bronz hüvelyek segítségével.

A típusnál a nyomásfokozó (7) szintén a hidraulika olaj tankjában található és egyenesen a fő munkahengerbe tölti a magasnyomású olajat. A hidraulikus rendszer több szeleptömböt is tartalmaz, amelyek feladata az egyes részegységek vezérlése és az olajnyomás biztosítása. Ezek a tömbök mindig a működtetett részegység közelében helyezkednek el, ezen a gépen a következőket találjuk meg:

- A fő kör szeleptömbje (20), amelynek feladata a préselési ciklus vezérlése.
- Az akkumulátorok logikai elemei, amely szintén a fő kör része, de saját szeleptömbbel rendelkezik. Feladata a traverz fel és le mozgásának vezérlése, szintén itt található a fékezésért felelős szelepek.
- A segédáramkör szelepei (23) a kilövőt vezérlik (kialakítása függ attól, hogy SPE vagy SMU kilövőt használunk), szintén ez a szelepcsoport vezérli adott esetben a töltőkocsi hidraulikus motorját (mi esetünkben az elektromos), valamint innen vezérelhetők a speciális szerszámok felső részei, mint például tükör vagy dupla szerszám.

A hidraulika szivattyú (27) biztosítja az aktuátorokhoz szükséges olajmennyiséget és szűri, valamint megfelelő hőmérsékleten tartja az olajat. Az olajhűtést a gépen egy olajvíz hőcserélő végzi, amely saját olajszivattyúval is fel van szerelve (a hűtővíz rendszernek saját keringtető szivattyúja van a vízhálózatban, több prés is egy vízhálózatra van kapcsolva).

A hidraulika csövek (18) feladata összekötni a különböző hidraulikus részegységeket, a gépen megtalálunk acél, flexibilis (gumi) csöveket egészen 10-250 bar-ig. A hidraulika olajgyűjtője (28) tulajdonképpen egy tálca a gép szeleptömbjei alatt, amely felfogja az olajszivárgásokat és visszavezeti őket a tankba.



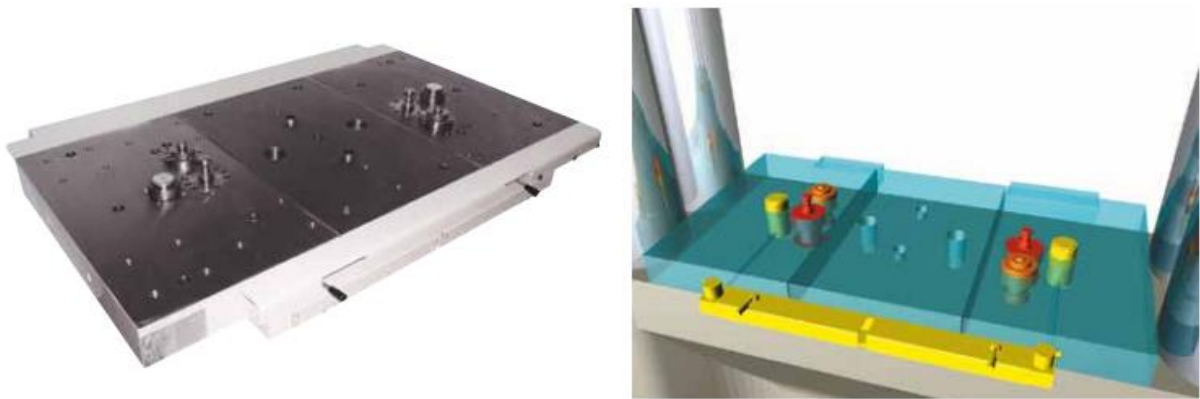
6. ábra Sacmi PH 2000-es sorozatú sajtógép fő részegységei [7]



7. kép Sacmi töltőegység (balra) és a benne lévő töltővályú és töltőkocsi (jobbra) [6]

A PH 2000-es sorozatú préseket két féle töltőegységgel is felszerelték, az adott gépen a modernebb DCL típusú található meg. Ez a típus – mint a töltőegységek nagy része manapság – kerekkel van ellátva, így könnyedén elmozgatható, ha szerszámcserét kell végrehajtani, természetesen a gyors csatlakoztatás érdekében mind az elektronikus, mind a hidraulikus vezetékek gyorscsatlakozókkal vannak ellátva. A töltő berendezés váza (9) foglalja magába a részegység alegységeit, ez vezeti meg a töltőkocsit (10) és annak hajtására szolgáló frekvenciaváltóval és enkóderrel felszerelt villanymotor is a vázhoz csatlakozik. A töltővályú (11) szintén a vázhoz van rögzítve. A 7. képen a töltő berendezés, a jobb oldalon a töltőkocsi és töltővályú látható [6].

Ahogy már korábban említettem a gép SPE 2+2 (8) kilökő rendszerrel van felszerelve. Itt 4 dugattyú emeli a szerszám mobil részét, de csak 2 csatlakozik a szerszámhoz, a másik 2 csak támaszt. Mindkét dugattyúpárt 1-1 arányos (proporcionális) szelep vezérli, a mobil rész mindkét oldalát 1-1 útmérő valós időben figyeli és készletet azonnali beavatkozásra az arányos szelepeket. Az SPE 2+2 kilökő rendszer és annak virtuális modellje a 8. képen látható [6].



8. kép SPE 2+2 kiemelő berendezés képe (balra) és virtuális modellje (jobbra) [6]

Fontos megemlíteni, hogy ezeket a gépeket külön légszűrőkkel (5) látták el a szerszám védelmének érdekében. A szerszám mobil lapjának felfele mozgásakor alatta vákuum keletkezik, a prés pedig poros környezetben dolgozik, ezért a beáramló levegőt szűrik ennél a géptípusnál.

A biztonság érdekében a gépen és a töltőkocsin is megtalálhatóak a szükséges burkolatok (29), valamint a prés asztalától egy korlát (15) tartja távol a dolgozót, a Sacmi PH gépeinél ez egy mechanikai védelmet is biztosít, ugyanis amíg a traverz nincs felső állásban a korlát nem nyitható fel, ha azonban felnyitjuk, akkor egy úttal egy vastos acéltömböt tolunk a traverz alá, így az biztosan nem tud leesni.

A gép érdekessége és a jól megtervezett konstrukcióra enged következtetni, hogy a mai napig elérhető a gyártó kínálatában. Természetesen a ma kapható gépeken némi módosítást hajtottak végre a közel 30 év alatt amióta a sajtógép elérhető, ezek a következők [6]:

- új, takarékosabb hidraulikus szivattyút kapott, ami két szivattyúból áll, az egyik Start-Stop rendszerrel van ellátva
- a kezdeti SPE 4-et SPE 2+2-re cserélték, ennek működését írtam le korábban
- a levegőztető ciklus korábban gumituskók segítségével történt, ma már külön hidraulikus munkahengerek emelik meg a traverzet
- a szerszám levegőszűrőit a talajszintről magasabbra helyezték, hogy tisztább levegőt szívhasson be.

- új, modern, érintőképernyős kezelőfelületet és szintén modernebb és jobban felhasználóbarát interfészt kapott
- természetesen a kapcsolószekrényének tartalmát és elektromos alkatrészeit a mai modernebb elemekből építették fel (relék helyett PLC vezérléssel rendelkeznek)

A mi gépünk ezek közül a fejlesztések közül csak az SPE 2+2 berendezést kapta meg 6 évvel ezelőtt (talán ez bír a legnagyobb jelentőséggel a felsoroltak közül), valamint 2021 utolsó negyedében egy teljeskörű felújítást kapott, cserélve lettek a hidraulikus alkatrészek nagy része (logikai-, szolenoid-, és proporcionális szelepek, hidraulika csövek, nyomáshatárolók, szűrők, SPE munkahengerei, tömítések stb.) és elektromos oldalról is a legfontosabbak.

2.4 Burkolólapgyártás sajtószerszámjai

A kerámia burkolólapok hagyományos hidraulikus présen történő gyártásához mára három elkülöníthető szerszámtípus alkalmazás terjedt el, ezek a következők:

- Behatóló szerszám.
- Tükör szerszám.
- Kettős szerszám.

A típusok rövid bemutatását a 3. táblázatban ismertetem [5].

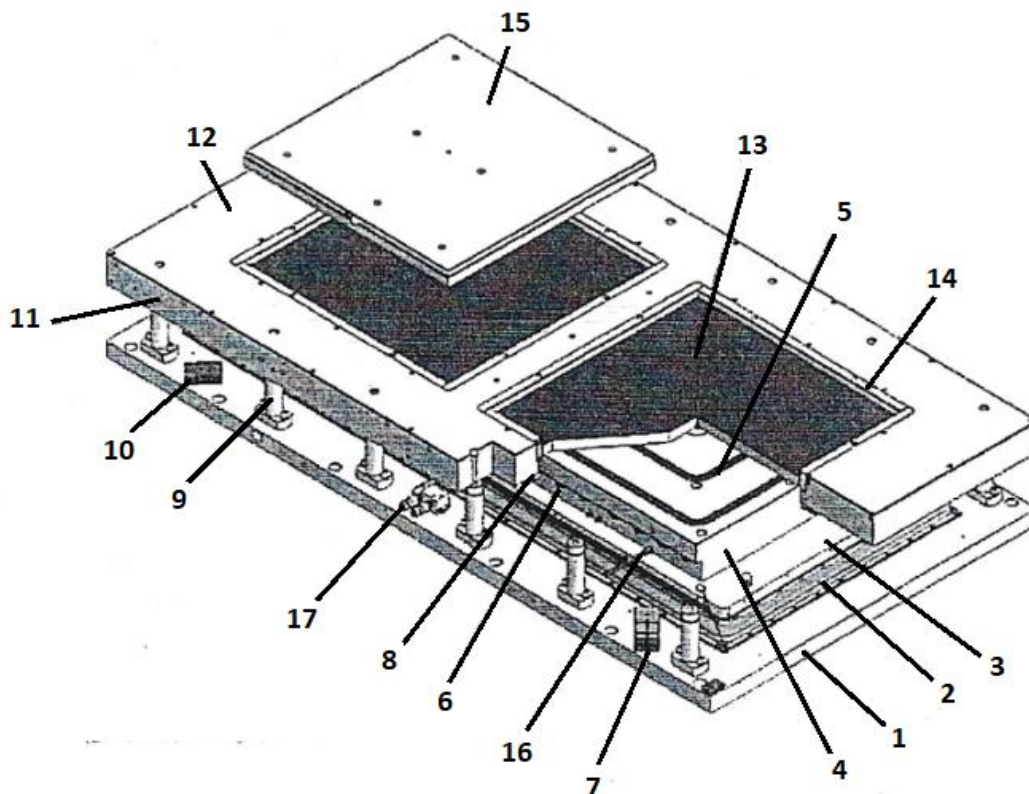
3. táblázat A burkolólapgyártás sajtószerszámtípusainak rendszerezése [5]

Tipológia.	Jellemzők.	Főbb termékek	Alváltozatok.
Behatóló szerszám.	A felső bélyeg behatól a fészkekbe, a szerszámkeret síkja alá. A termékek így nemes felülettel lefelé készülnek: meg kell fordítani őket.	Fehér testű lapok. Vörös testű lapok. Egyszerégetett fehér lapok. Egyszerégetett vörös lapok. Kétszerégetett lapok. Mázás greslapok. Nagy formátumú lapok.	Fordított behatóló: Az alsó bordák az alsó bélyegeken vannak, a nemes felület pedig a felső bélyeg által készül, tehát nemes felülettel felfele készül a lap.
			Féltükör:
Tükör szerszám.	A felső bélyeg nagyobb méretű, mint a fészkek, így az nem süllyed bele. A préselés akkor történik meg, amikor a szerszámkeret leereszkedik.	Egyedül mázatlan greslapok gyártására használják.	Átmenet a behatóló és a tükör között. Egy szintig a felső bélyeg behatól a szerszámba, de a szerszámkeret is elmozdul.
			Fordított tükör: A nemes felület szintén lefelé helyezkedik el, de a bélyeg nem megy a fészkekbe és a keret mozdul.

Kettős szerszám.	Alul és felül is megtalálhatók a fészkek, szintén nemes oldallal felfelé készül a lap, így nem kell fordítani.	Nagyon kitüremkedő rusztikával préselt lapok. Máztatlan greslapok. Kétszer tömörített greslapok. Mázas greslapok (igen magas minőségűek).	
---------------------	--	--	--

A táblázatból is jól kivehető, hogy a kerámia burkolólapok döntő többsége – gyakorlatilag az átlagos burkolólapok mindegyike – behatólő szerszámokban készül. Ezek a szerszámok a mai présgépekkel együtt fejlődtek ki nagyjából a 80-as években, alkalmazásuk ma is a messze leggyakoribb. Mivel az írás terjedelme nem engedi a dolgozatom témája pedig nem indokolja a tükör- és a kettős szerszámok bemutatását, ezért ebben a részben a behatólő szerszámok bemutatására korlátozódunk.

Mint eddig is tettem, most is a szerszám részeinek felsorolásán és bemutatásán keresztül szeretném bemutatni azt. Egy két fészkes (60x60-as formátumú) behatólő szerszám ábráját és alkatrészeit a 9. ábrán láthatjuk [5].



9. ábra A behatólő sajtószerszám főbb alkatrészei [5]

Az 9. ábrán [5] látható (1) es számú alkatrész a szerszám alaplemeze. Mint ahogy a neve is mutatja, a szerszám alapjául szolgál, a présgép padjához csavarral rögzítik. Oszlopokon

keresztül ehhez csatlakozik a szerszámkeret is. A mobil lap is az alaplemezre fekszik fel a sajtolás alatt. Általában 48, 55 vagy 65 mm vastag DIN CK45 acéllemezből készül, az alsó és a felső felét köszörülik, valamint furatokat munkálnak ki rajta az oszlopok felfogatásához, az padhoz való rögzítéshez, az SPE dugattyúinak áthaladásához a mobil laphoz, valamint a vákuum elkerülésére a mobil lap alatt (erre a célra a prés padján is lyukak vannak, amik a korábban tárgyalt levegőszűrőhöz vezetnek).

(2) -es számmal láthatjuk a 9. ábrán a porvédő harmonikát. Ennek a célja, hogy megakadályozza a por bejutását a szerszámba. Nagyon fontos szerepe van, ugyanis, ha sajtópor jut a szerszámba, akkor annak alkatrészei nem fekszenek majd fel teljes felületen, így a portöltés és a sajtónyomás sem lesz egyenletes a sajtolt felületeken, ami nemcsak minőségügyi problémához vezet, de maradó alakváltozást szenvedhet a mobil lap. A harmonikák régebben bőrből, ma már elasztomerekből készülnek.

A kilövő lemezt vagy mobil lapot (3)-as számmal láthatjuk. Erre az alkatrésze csatlakoznak a mágnessuskók amire pedig az alsó bélyegek, így képezik a szerszám mozgó részét. A szerszám alsó részére csatlakozólemezt csavaroznak, amibe az SPE csatlakozó dugattyúja fog kapcsolódni a laphoz. A felső felére szintén csavarkötéssel a mágnessuskók kerülnek, minden fészek alá egy. A kilövő lemez szintén DIN CK 45 anyagminőségből készül és mindkét lapját síkba köszörülik.

A 9. ábrán (4)-es számmal jelölt alkatrészek a tuskók. Régen ehhez az alkatrészehez csavarozták az alsó bélyegeket, ma már kizárólag elektromágneses rögzítést alkalmaznak, így már mindenki „mágnessuskóként” emlegeti az alkatrészt. Ahogy korábban említettem a kilövő lemezhez vannak rögzítve és nem csak a bélyegek rögzítése a feladatuk, hanem távtartóként is viselkednek, így a vastagságuk a prés löketétől és a szerszámkeretkeret magasságától függ. Az elektromágnesesség megvalósításához hornyokat marnak a felső felületükbe, amibe aztán tekerceket helyeznek és kiöntik műgyantával. A blokkok fűtése is elengedhetetlen, ugyanis az alsó bélyegek fűtése rajtuk keresztül valósul meg. A fűtéshez hosszú furatokat munkálnak ki rajtuk vízszintesen, amibe majd a fűtőbetétek kerülnek. Gyakran a közepükbe hidraulikus munkahengereket építenek, ami az elektromágnesesség megszűnése után segít a gépkezelőknek a nagy méretű bélyegek kiemelésében a szerszámból. Anyaguk tekintve szintén DIN CK 45 anyagminőségből készülnek, szintén köszörült az alsó és felső oldaluk is, hosszuk és szélességük a rájuk helyezett bélyegénél kb. 5 mm-el kisebb [5].

A 9. ábrán (5) számmal jelölt alkatrész az elektromágnes tekerce. Ahogy korábban is említésre került az alsó bélyegeket elektromágnesekkel fogják a szerszámhoz (a felső bélyegeket is, de azok nem képezik a szerszám részét, ezért nem térek ki rájuk bővebben). A megoldás nagy előnyei közé tartozik, hogy nagyon egyszerű és gyors a bélyegek rögzítése és oldása, valamint jól lehet központosítani a bélyegeket a szerszámkerethez. A tekercek a tuskókban helyezkednek el egy horonyba süllyesztve, majd műgyantás anyaggal öntik ki, ahogy korábban is említettem. A tekerceket 24 vagy 48 V-os árammal táplálják, mire az elektromágneses teret hoz létre.

A (6) -os számmal jelzett részegység a bélyegfűtés, a (8)-as számmal jelzett pedig a szerszámkeret fűtés. A szerszámok fűtőrendszerrel vannak felszerelve, amelynek célja a préselés során a porral érintkező alkatrészek, azaz a betétlécek (szerszámkeret része) és a bélyegek felmelegítése, hogy csökkentse a sajtóporpor szerszámhoz tapadását és redukálja a tisztítás miatti állásokat. Szintén fontos célja a fűtési rendszereknek, hogy a hőmérséklet változtatásával finom hangolhatjuk a sajtóforma illesztéseit. A fűtés természetesen ellenálláshővel történik, két kialakítást is alkalmaznak párhuzamosan:

- a szerszámkeretben és a tuskókban hosszú zsákfuratokat alakítanak ki, amikbe rúd alakú fűtőbetéteket csavaroznak,
- vagy (általában) a szerszámkeret aljára, a fészkek mentén körben lapos fűtőbetéteket csavaroznak kívülről.

A betétléceknek a szerszámkeret, az alsó bélyegeknek a tuskók adják át a hőt, mivel azok közvetlen fűtése nem megoldható célszerűen. A fűtött alkatrészeket 35-55 °C közé fűtik. A fűtési rendszerhez hőelemek is tartoznak, a belőlük származó adatok segítségével állítható be a kívánt hőfok. A hőelemeket (16) -os számmal láthatjuk a 9. ábrán. A hőelemek működése a különböző hőmérsékleten ugyan azon anyagnál megváltozó elektromos ellenállás elvén alapul. Megjegyzésképpen a felső bélyegeket is fűtik egy hasonló rendszer segítségével a mágneses felfogólapjukon keresztül.

A (7) -es és (10) -es számú alkatrész két teljesen azonos alkatrész, gyakran csak egy található a szerszámon. A gyorscsatlakozóhoz a fűtésbe és a mágnesbe menő vezetékek csatlakoznak, ezen keresztül kapcsolhatjuk azokat a présgép elektromos rendszeréhez, hogy azon keresztül vezérelhessük azt. Gyakran nem alkalmaznak gyorscsatlakozót (mert akkor minden a présgéphez használt szerszámot azonos és ugyan úgy bekötött gyorscsatlakozóval kell ellátni), hanem a vezetékek egy lapra vannak kivezetve és szemes saruval csatlakoztatják a prés rendszeréhez. A hőelemek nem a gyorscsatlakozóba vagy csatlakozó táblára vannak vezetve, ezek a prés kapcsolószekrényébe mennek.

A (11) -es számú alkatrész a szerszámkeret, amelyben a szerszám fészkei találhatóak. A behatoló típusú szerszámnál a szerszámkeretet a szerszám alaplemezéhez fixen rögzítik a (9) -es számú oszlopok segítségével. A rögzítés csavarkötéssel valósítható meg. A szerszámkeret DIN CK45 acéllemezből készül – változó vastagságban -, majd a fészkeket lángvágással alakítják ki. Ezt simító maró- és furatkészítő megmunkálások követik, majd az alsó és a felső felét síkba köszörülik. A fészkek függőleges falaira helyezik el a betétléceket, amelyek részt vesznek a formaadásban. Ahogy korábban is említettem, a keret fűtéssel van ellátva: belső (rúd alakú) és külső (lapos) fűtőbetétek is megtalálhatók rajta. A szerszámkeret tetején mozog a töltőkocsi is, melyből a mai úszó kivitelűek gumis betéteken végig csúsznak a szerszámkeret felső felén, ezért a szerszámkeret mindkét felületének síksága fontos követelmény. A töltőkocsi koptató hatásának megelőzésére gyakran a (12) -es számú rozsdamentes koptató lapot csavarozzák fel. Gyakran nagyon praktikus a szerszámkeretet a vízszintes síkra szimmetrikusan alakítják ki



10. kép 5 fészkes 30x60cm formátumú sajtószerszám keret [8]

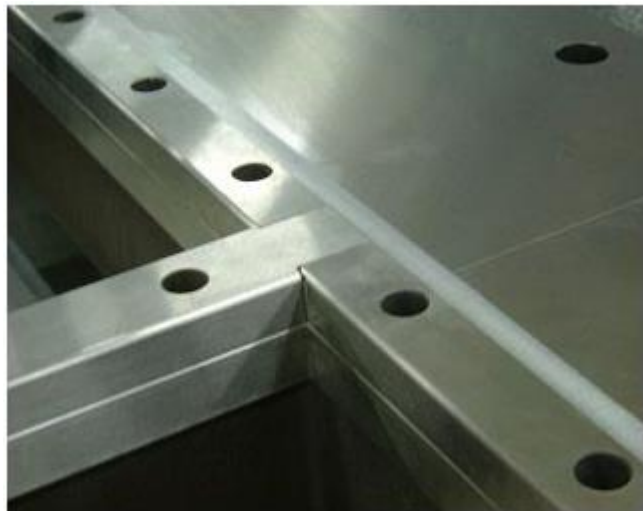
(tehát minden szükséges furat megtalálható mindkét oldalt, a nem használtakba vakdugót helyeznek, valamint a betétléc alján is kialakítják a működő geometriát), így, ha a betétléc vagy a szerszámkeret síkja megkopik a keretet egyszerűen lecsavarozzák az oszlopokról, majd „fejjel lefelé” visszacsavarozzák. A keretfordítás vagy felújítás nagyjából 500 ezer ciklusonként szükséges hagyományos betétlécek esetén. A 10. képen egy 5 fészkes 30x60 cm-es szerszámkeret látható. [8]

A (13) -as számú alkatrész az alsó bélyeg. A lap nemes felületének kialakítására szolgál, annak negatívját munkálják a felső felületére. Nagyjából 15-20 mm vastag acéllapból készül, alapteste a fészkek méreténél valamivel kisebb, az éleire testénél keményebb anyagminőségből hegesztenek fel egy réteget, majd méretre köszörülük a varratot. Pontos mérete a nyerslap méretéből adódik (lap zsugor előtti mérete), tűrését a fészkek tűréséhez állítják, így kialakítva a megfelelő illesztést. Az alsó felülete síkba köszörült, hogy megfelelően felfeküdjön a tuskóra, felső felületére manapság gumit vulkanizálnak, ezen a gumin található a lap nemes felületének negatívja is. A gumi réteg valamelyest segít a sajtóerő eloszlásában, valamint nagyon kedvező a sajtópor feltapadása elleni védekezésben.

A (15) -ös számú alkatrész a felső bélyegek, funkciójukban és nagyrészt kialakításukban is megegyeznek az alsó bélyegekkel. A felső bélyegek burkolólap alsó felületének kialakítását valósítják meg. A sajtógép medvéjéhez egy mágneses (újabbán izosztatikus) nyomólapot szerelnek fel és erre a lapra fogatják a felső bélyegeket elektromágnesek segítségével. Az elmúlt 20 évben az úgynevezett izosztatikus felső bélyegek kiszorították a hagyományos bélyegeket. Ezek abban térnek el az alsó bélyeg működésétől, hogy az alap acéllemez és a rá vulkanizált gumi között sűrűn, rács szerűen kimunkált, összekötött hornyok találhatóak, amelyekbe egy hidraulikus gyorscsatlakozó csonkon keresztül 1,5 -3 bar olajat töltenek. Ez segít a lap felületén eloszlani az esetleges nyomáskülönbséget, így segítve a homogén tömörség elérését. Újabbán a felső bélyegeket a csatlakozó csonkon keresztül össze is kötik vagy gyakran egy külső nyomásszabályozót is alkalmaznak (vagy akár izosztatikus nyomólapokat is), hogy ne csak a fészkek felületén belül, hanem a fészkek között is kiegyenlítsék a nyomást, így segítve az azonos tömörségű lapok előállítását az egész szerszámban. A felső bélyegek közötti nyomás kiegyenlítés a különböző fészkek lapjai közötti méretkülönbséget redukálja.

(14) -es számmal láthatjuk a 9. ábrán az úgynevezett „betétléceket”. Ezek az alkatrészek kvázi betétként a szerszámkeret fészkeinek kerületét határolják amint a 11. képen látható [9]. Nagyon nagy jelentőséggel bírnak a megfelelő geometria, minőség és szerszám élettartam tekintetében (ha a bélyegeket nem tekintjük a szerszám részének akkor abszolút a legnagyobbal) Három funkciójuk különböztethető meg:

- kialakítják a préselt lap élszalagjának formáját,
- ellenáll a préselés során fellépő erőknél,
- szintén ellenáll a sajtópor préselés közbeni koptató hatásának.



11. kép Szerelt betétlécek felülről a szerszámkerethez csavarozva [9]

A betétlécek a szerszám többi részénél nagyobb mechanikai teherbírással és kopásállósággal rendelkeznek, anyaguk leggyakrabban DIN 1.2080 edzett acél, de gyakran wolfram-karbid és kobalt bevonatokat visznek fel a működő felületükre (így az a keménységük 60-61 HRC helyett akár a 75-80 HRC -t is elérheti, míg élettartamuk az 500 – 700 ezer ciklus helyett 5 millió is lehet! [9]). A behatoló szerszámok betétléceit α szögben megdöntött oldalfallal készítik el, ennek szerepe, hogy a préselt lap könnyebben eltávolítható legyen a szerszámból, valamint a kiemelés megkezdésével azonnal feszültség mentesítse a préselt lapot (ellenkező esetben az elreped). A kúposág szöge és mélysége függ a fészek hosszától, a lapvastagságtól, a töltőmélységtől és a préselt sajtópor jellemzőitől is. A betétléceknek a szerszámkeret síkjában lévő élén lekerekítést alkalmaznak, hogy a szerszám felől kitolt lapot ne sértsék meg az éles élek. A betétlécek kialakításában két kialakítás különböztethető meg:

- a) A rögzített betétlécek esetében a négyszög alakú fészekbe oldalanként egy-egy léceet erősítenek a szerszámkeret fészkeinek kerületébe. Ebben az esetben hosszú és rövid léceket különböztetünk meg, hosszú, ha az oldalfelülete a kerethez van illesztve, rövid, ha a másik betétléchez. A betétlécek mindegyike vízszintesen van a kerethez csavarozva, a hosszú lécek függőlegesen is, így beállítva a kerethez viszonyított magasságuk, a rövid lécek magasságát a hosszúak adják, ugyanis hozzájuk vannak rögzítve. Ebből a típusból gyakran alakítanak ki vízszintesen szimmetrikus darabokat, hogy a szerszámkeret megfordítható legyen. Fontos megjegyezni, hogy beállításuk komoly szaktudást és mérőeszközökkel jól felszerelt műhelyt igényel. A rögzített betétlécek alapanyaga általában az adott anyagminőségű lapos- vagy köracél.
- b) A szerelt betétlécek egy egységet alkotnak és egyben eltávolíthatók a szerszámkeretből. Ez akár más formátumú termékek gyártását is lehetővé teszi egy viszonylag egyszerű betétléc csere után, ehhez a szerszámot nem kell eltávolítani a présgépből. Ebben az esetben a szerszámkeretben egy váll található, erre felülről csavarozzák a betétet. A betétlécek egységét kétféleképpen érik el: a különálló lécek végei fecskéfark kialakításúak, így csavarozzák őket össze, a másik esetben az egész betét egy anyagból készül, ebben az esetben egy lemezből szikraforgácsolással nagyolják ki a betétet. Értelem szerűen a fecskéfarkas megoldás gyártása, az egy darabból készült megoldás beállítása egyszerűbb, az előbbit négyzet geometriáknál a későbbit bonyolult geometriáknál alkalmazzák előszeretettel.

A szerszám tisztító levegős rendszerét a 9. ábrán (16) -os számmal láthatjuk. A rendszer lényege, hogy préselési ciklusonként a mágneskók mellé, az alaplemez és a szerszámkeret közé behulló port fúvatja ki. Az ide bekerülő por túlzott mennyiség után megakadályozná a kilökést teljes hosszán, mert feltartana a keret és az alaplemez között. A présgépen található egy megfelelő kivezetés, amely ciklusonként a megfelelő időben egy levegő impulzust bocsát ki a gép sűrített levegős köréből. A tisztító rendszer ezt a levegő löketet juttatja el a megfelelő helyekre.

3. 30x60 formátumú három fészkes szerszám tervezése Sacmi PH 2890 présgépre

3.1 Követelmények

A megoldandó probléma egy olyan szerszám megtervezése, amely jelentős mértékben (minimum 20%-kal) megnöveli a termelékenységet az üzem egyik sajtógépén. Ez a jelen körülmények között a legegyszerűbben úgy oldható meg, ha 2 helyett 3 fészkekkel látjuk el a szerszámot az 30x60 cm-es formátumú. Ez a gyakorlatban egy teljesen új szerszámot jelent. Meg kell vizsgálni, hogy ez technikailag kivitelezhető-e, majd meg kell tervezni a konkrét, megfelelően funkcionáló szerszámot.

A tervezésnek a következő követelményeknek kell megfelelni:

- A szerszám alkalmas legyen megfelelő minőségű termék előállítására (méretek, felületminőség és a mérésének módszerei: MSZ EN 10545-2. 1999)
- A szerszám alkalmazásával elérhető legyen a korábban említett 20%-os termelékenység növekedés az adott sajtógépen
- A szerszám illeszkedjen a meglévő, 2.3 fejezetben bemutatott présgépünkhöz (Sacmi PH 2890)
- A présgép 27500 kN sajtolási ereje elegendő legyen a szerszám működtetéséhez a meglévő technológiai paraméterek alkalmazása mellett
- A gyártósor további részei kezelni tudják az így gyártott lapokat (a megváltozott mennyiség és lap orientáció miatt)

A szerszám funkció alapú definíciója:

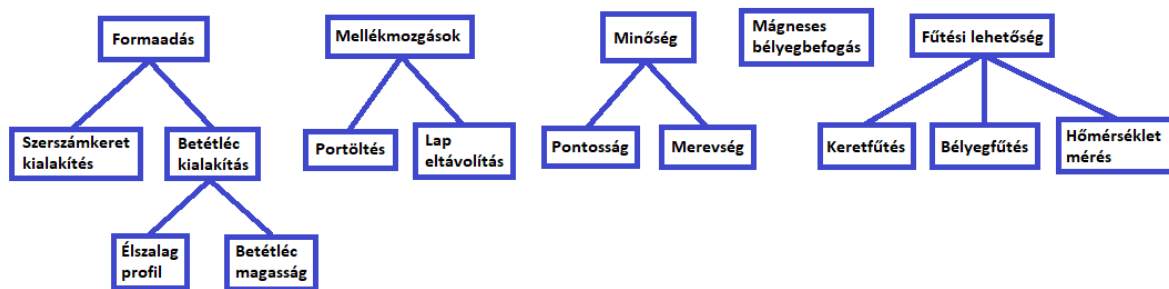
- A szerszámnak képesnek kell lenni a megfelelő mellékmozgásokra (portöltés, nyerslap kilökése).
- A szerszámnak gyorsan és pontosan be kell tudni fogadnia a már meglévő bélyegeket.
- A szerszámkeretnek és az alsó bélyegeknek fűthetőnek kell lenni a megfelelő illesztése és mechanikai jellemzők elérése érdekében.

A szerszám funkcióinak hierarchikus struktúrája:

Ebben a pontban szeretném az általam tervezni kívánt szerszám funkcióit átfogóbban rendszerezni és gráffal ábrázolni a 12. ábrán.

1. A szerszám kialakításának lehetővé kell tenni a kívánt formaadást:
 - 1.1. A formaadást egy részről a szerszámkeretbe munkált fészkek mérete határozza meg, ugyanis ez adja majd a burkolólap méreteit (formátumát)
 - 1.2. A szerszámkeret fészkeibe helyezett betétlécnek megfelelő kialakításúnak kell lennie
 - 1.2.1. A betétlécek határozzák meg a szerszámban gyártható lapvastagságot
 - 1.2.2. Szintén a betétlécek adják a burkolólap élszalagát
2. A szerszámnak képesnek kell lennie a megfelelő mellékmozgásokra:
 - 2.1. A portöltés közben képesnek kell lenni lesüllyednie egy tetszőleges közbenső helyzetbe a két végállás között („első esés”)

- 2.2. A szerszámnak a kilökésnél el kell tudni távolítani a lapokat, ehhez pontosan szabályozható mozgásra és végállásra van szükség
3. A szerszámnak biztosítani kell tudni a kívánt minőséget:
 - 3.1. Ehhez egy részről kielégítően pontos megmunkálásra és összeszerelésre van szükség
 - 3.2. Másrészről megfelelően merevnek kell lennie, hogy ellenálljon a mechanikai hatásoknak
4. A modern kerámiapari szerszámoknál alapkövetelmény a gyors és biztos bélyegbefogatás, ehhez mágnesezhető alsó tuskókra van szükség
5. A szerszámnak fűthetőnek kell lennie az illesztések beállításához és a jobb szívósság érdekében, valamint, hogy a feltapadásokat elkerüljük:
 - 5.1. Egyrészt a szerszámkeretet szükséges fűteni
 - 5.2. Másrészt az alsó bélyegeket (pontosabban a mágnes tuskókat, amik aztán átadják a hőt)
 - 5.3. A szerszámot úgy kell kialakítani, hogy hőelemeket lehessen csatlakoztatni hozzá, az ezekből származó információk alapján szabályozható a fűtés



12. ábra Az általam tervezett szerszámmal szemben támasztott követelmények gráf szerűen ábrázolva

A célokat és követelményeket tekintve szeretnék külön kitérni a gazdasági és megbízhatósági célokra is

Gazdasági célok:

- A szerszám és prés rendszere képes legyen minimum 7 löketre percenként, ez percenként 21 darab lap, ami 20%-os termelékenység növekedés.
- A szerszám elkészíthető legyen kevesebb mint 10 millió Forintból.

Megbízhatósági cél:

- A szerszám fészkeinek a betétléceinek minimum 500 ezer préselést kell kibírniuk. (gyakran alkalmaznak a szerszámkeret alsó felén is hasonlóan elhelyezett betétléceket, így miután azok elkoptak az egyik oldalt, csak meg kell fordítani a keretet, így felújítás előtt 1 millió préselést is kibír a szerszám).

3.2 Sajtónyomás ellenőrzése

Ahogy korábban említettem, a sajtónyomás kiemelten fontos technológiai paraméter a burkolólap gyártásban. Nagyon fontos szerepet játszik a nyerslap tömörségében – elegendő nyomás szükségeltetik, hogy kialakuljon a megfelelő élszalag és a nyerslap ne törjön szét a mázolás során -, de később a fagyállóságban (vízfelvétel által), valamint a kiégetett lap méretében is szerepet játszik (nagyobb sajtónyomás mellett csökken a zsugor égetés során), hogy csak a legfontosabbakat említsem.

Normál esetben a sajtógép gépkönyve tartalmazza, hogy a gyártó bizonyos formátumok esetén hány fészkes szerszámot ajánl az adott gépen, a mi esetünkben a gyártó nem tesz említést 30x60 cm-es formátumra. Szerencsére a gépgyártó biztosít egy grafikont, amely alapján egy gyors számolás után megtudhatjuk, hogy a PH 2890-es prés gépünk mekkora fő munkahenger nyomás mellett képes előállítani az adott formátumú lapot az adott fészkeszám mellett.

A sajtógép gépkönyve [7] alapján a gép 390 bar olajnyomást tud előállítani a fő munkahengerben, ha ezen belül tudunk maradni, akkor a gép képes lesz a vizsgált konfigurációban biztosítani a kívánt sajtóerőt.

A számításhoz elsősorban meg kell vizsgálnunk a gyártani kívánt laphoz tartozó nyerslap méreteket. A nyersanyagainkból és a technológiánkból adódóan technológiai paraméterünk a 8,91%-os zsugor az égetés során, tehát ennyivel nagyobb nyerslapot kell gyártanunk a fészkekben.

Így a hosszú oldal mérete:

$$L_{A1} = \frac{L_{F1}}{\left(1 - \frac{CL}{100}\right)} = \frac{60}{\left(1 - \frac{8,92}{100}\right)} = 65,87 \text{ [cm]}$$

ahol:

- L_{A1} a nyerslap hosszú oldalának mérete [cm]
- L_{F1} a kiégetett lap hosszú oldalának mérete [cm]
- CL a zsugor mértéke égetés során [%]

A rövid oldal méretei pedig:

$$L_{A2} = \frac{L_{F2}}{\left(1 - \frac{CL}{100}\right)} = \frac{30}{\left(1 - \frac{8,92}{100}\right)} = 32,935 \text{ [cm]}$$

ahol:

- L_{A2} a nyerslap rövid oldalának mérete [cm]
- L_{F2} a kiégetett lap rövid oldalának mérete [cm]

Így egy fészek felülete:

$$S_A = L_{A1} * L_{A2} = 65,87 * 32,935 = 2169,43 \text{ [cm}^2\text{]}$$

A három fészkes szerszám teljes nyomott felülete ezek alapján:

$$A = S_A * 3 = 2169,43 * 3 = 6508,285 \text{ [cm}^2\text{]}$$

Szintén technológiai paraméter a fajlagos sajtónyomás, üzemi tapasztalat alapján 390 bar nyomással préseljük a lapokat, ettől szélsőséges esetben ± 10 barral eltérhetünk, tehát 400 bar nyomásra fogjuk ellenőrizni a sajtógépet.

Ezt kétféleképpen is megtehetjük, az egyik lehetőség, hogy aránypárral számoljuk ki a munkahengerben elérni kívánt nyomást, majd összehasonlítjuk a legnagyobb elérhető nyomással. Ehhez a gyártó által biztosított paramétert: a fő munkahenger dugattyújának felületét és az elérhető legnagyobb nyomást, melyek 7088 cm² és 390 bar [7]. Így a számolás menete:

$$A * P_{sajtolás} = A_{dugattyú} * P_{munkahenger}$$

ahol:

- $P_{sajtolás}$ a fajlagos sajtónyomás [bar]
- $A_{dugattyú}$ a fő munkahenger dugattyújának területe [7] [cm²]
- $P_{munkahenger}$ a fő munkahengerben elérni kívánt nyomás [bar]

Ezt rendezve az ismeretlenre, a fő munkahenger nyomására:

$$P_{munkahenger} = \frac{A * P_{sajtolás}}{A_{dugattyú}} = \frac{6508,285 * 400}{7088} = 367,3 [bar]$$

Mivel a legmagasabb nyomás beállítás mellett is a szükséges fő munkahenger nyomás (367,3 bar) kisebb, mint a gépen elérhető maximális (390 bar), így a szükséges sajtolóerő biztosítottnak tekinthető. Mivel a különbség koránt sem drasztikus érdemes kiszámolni a másik módon is a szükséges sajtóerő meglétét.

A második lehetőség, hogy ellenőrizzük a sajtónyomás vajon elégséges-e, ha a sajtógép egy másik technikai paraméteréből, az általa kifejtett legnagyobb erőből indulunk ki, ami 27500 kN [7]. Így a számítás menete a következő lesz:

$$P_{sajtolás} = 400 \text{ bar} = 400 * 10^5 \frac{N}{m^2}$$

$$A = 6508,285 \text{ cm}^2 = 0,6508285 \text{ m}^2$$

A sajtónyomás a következő képen alakul:

$$P_{sajtolás} = \frac{F_{sajtolás}}{A}$$

ahol:

- $F_{sajtolás}$ a kívánt sajtónyomáshoz tartozó sajtóerő [kN]

Ami átrendezve:

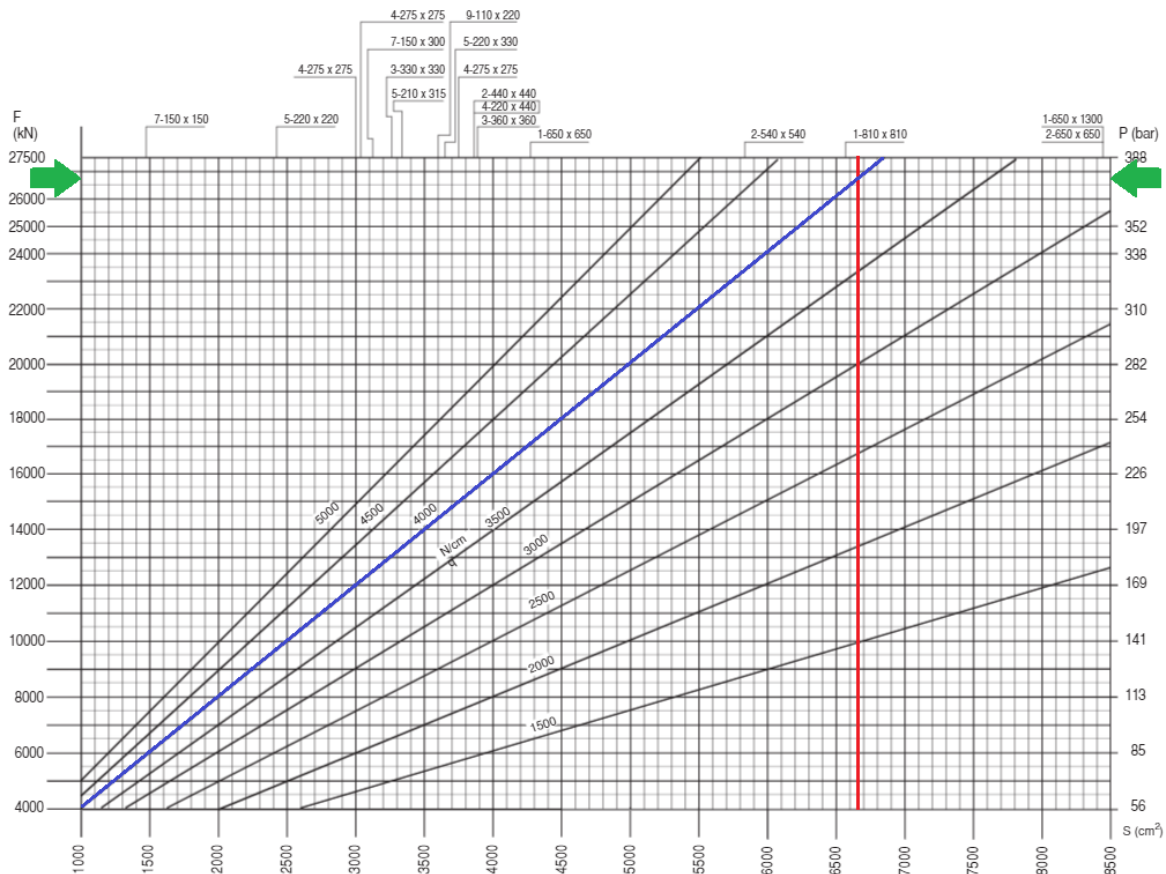
$$F_{sajtolás} = P_{sajtolás} * A = 400 * 10^5 * 0,6508285 = 26033140N = 26033,14 \text{ kN}$$

Látható, hogy a számítás ezen módjával is a gép megfelel a követelményeknek, ugyanis a sajtoláshoz szükséges erő (26033,14 kN) kisebb, mint a gép által biztosított maximális érték (27500 kN).

A számításokat gyorsan leellenőrizhetjük a gépkönyv [7] által biztosított 13. ábra alapján, így vizuálisan is láthatjuk, hogy a paraméterek hogyan viszonyulnak más gyakori formátumhoz és a hozzájuk tartozó általános fészekszámmal képest. A diagram bal oldali függőleges tengelyén sajtógép által kifejtett erőt, a jobb oldalon a hozzá tartozó fő munkahenger nyomást olvashatjuk le. A vízszintes tengelyen a préselni kívánt terület szerepel. A diagramba berajzolt lineáris egyenesek a fajlagos sajtónyomás értékek. Felül láthatók a présgépen gyakran gyártott formátumok és ezek jellemző fészekszáma, ezek a hozzájuk tartozó felületet hivatottak jelezni. Piros függőleges vonallal berajzoltam a mi esetünkben préselni kívánt felületet, kék vonallal

kiemeltem a 400 bar-nak megfelelő nyomást. A két vonal metszéspontját a függőleges tengelyekre vetítve leolvashatjuk a konfigurációhoz tartozó erő és nyomás értékeket, ezeket zöld nyílal jelöltem. Értelemszerűen, ha a metszéspont a diagramon belül van a konstrukció hivatalosan működőképes, ahogy a mi esetünkben is történt.

PH 2890 PRESSURE-LOAD GRAPH



13. ábra A PH 2890-es típusú sajtógép nyomás-terhelés diagramja [7]

A fentebbi számítások alapján igencsak igénybe vennék a sajtógépet a tervezni kívánt szerszámmal, jobbnak láttuk kikérni a gyártó véleményét. A gép gyártójának, a Sacmi Imola S.C. SpA-nak a technikai osztályán, a földrajzi régiónkért felelős részlegén személyesen is tisztában vannak a gépünk állapotával, ugyanis idén (2022 március) egy teljeskörű felújítást hajtottunk végre a segítségükkel a gépen, 100%-ban gyári alkatrészek felhasználásával. Hogy a tárgyalt kihíváshoz kapcsolódó releváns felújított alkatrészeket említsem:

- megtörtént a hidraulika szivattyú cseréje,
- a fém és flexibilis hidraulika csövek cseréje
- a szolenoid hidraulika szelepek cseréje
- a logikai hidraulikus szelepek cseréje
- a tömítések zömének cseréje (szeleptömb összes alkatrészén, hidraulikus akkumulátorokon, cső csatlakozásoknál)
- szeleptömbökön és hidraulika szivattyún (gyakorlatilag mindenhol) nyomáshatárolók cseréje
- nyomásmérő órák és szenzorok cseréje

- olajsint érzékelő szenzor cseréje
- természetesen a hidraulika olajat és az összes hidraulika szűrőt is cseréltük

A gyártó szerint a terhelés nem jelenthet akadályt a gépnek, de egy nagyon egyszerű tesztet javasolt, hogy erről meggyőződhessünk. A kísérlet lényege a következő:

1. A gép szoftverén minden formátum esetén megadható, hogy milyen formátumú lapot gyártunk és milyen fészekszám mellett (a gép ebből számol több statisztikát és technológiai paramétert), adjuk meg a tesztelni kívánt konfigurációt.
2. A prés által kifejtett erőt a fő munkahenger nyomásának megadásával változtathatjuk, ezt a paramétert fokozatosan emelve hajtjuk végre a kísérletet.
3. A gép szintén kijelzi a tényleges elért nyomást a munkahengerben (rossz állapotú gép nem képes elérni a magasabb értékeket, hiába állítjuk be), valamint a számított fajlagos sajtónyomást (ahogy korábban említettem, a mi esetünkben 390 bar).
4. A gépet így „becsapva” (a valóságban más formátumú szerszám volt a gépen, mint a megadott paraméterek) a munkahenger nyomást emelve letesztelhetjük, hogy a gép, hogy reagál, milyen nyomást tud elérni, milyen ciklusszámot tud elérni stb.

A sajtógépünk által elért legnagyobb fajlagos nyomás 418 bar lett. Ez a nyomás 3 ciklus alatt épült fel, a beállított percnként 7,4-es ciklusszámot könnyedén tartotta a gép. A teszt paramétereit és értékeit a 14. képen láthatjuk. A tervezett 390 bar-os fajlagos nyomás ezek alapján nem jelenthet problémát a sajtógépnek.



MAGGIO 2010 - MARCHIO DI PRESSATURA	
CICLO =	AUTOMATICO (CARICAMENTO +)
— 3 USCITE	329 mm X 658 mm —
CICLI AL MINUTO	= 7.4
SPESSORE PIASTRELLA	= 7.79 mm
PRESSIONE MAX CILINDRO	= 383 bar
P.SPECIFICA SU POLVERE	= 418 bar
FORZA MASSIMA	= 27147 kN
TEMPO ANDATA CARRELLO	= 1175 ms
TEMPO RITORNO CARRELLO	= 1044 ms

14. kép A sajtógép paramétereit a teszt során

3.3 Konstruktív előzetes vizsgálata

3.3.1 Követelményrendszer felállítása a szerszám méretire vonatkozóan

Miután megbizonyosodtunk róla, hogy a gép teljesítménye elegendő a szerszám működtetésére, a következő lépés, hogy megvizsgáljuk, hogy a gép fizikai méretei is lehetővé teszik-e egy 3 fészkes 30x60 cm-es szerszám fogadását. Fontos leszögezni, hogy számítások nélkül is

egyértelmű, hogy a 3 db 329,35x658,7 mm-es fészek csak „hosszában” fog felférni a szerszámmra, tehát a 3 db nyerslap a rövid oldalával előre fog távozni a sajtógépből. A meglévő szerszámunk, ahogy korábban is említettem 2 db fészekkel rendelkezett, azok viszont keresztben helyezkedtek el, tehát a lapok hosszú oldalukkal előre távoztak a szerszámából.

Az új konstrukció ellenőrzéséhez több tényezőt is meg kell vizsgálni, amik a következők lesznek:

- 1) a présgép utáni fordító képes-e befogadni az új szerszám egy löketéből származó lapokat
- 2) a fordító utáni szárító képes-e befogadni az így készült lapokat
- 3) a fészek számára van-e elegendő hely a szerszámkereten úgy, hogy a annak kellő merevsége megmaradjon
- 4) a présgép oszloptávolsága elegendő-e az új szerszám számára
- 5) a töltőrács szélessége elegendő-e az új szerszám fészkeinek megfelelő betöltésére
- 6) a töltőkocsi lökete elegendő-e, hogy az új szerszám fészkeit hosszirányban is végig érje
- 7) a présgép „medvéje” (traverze) elég nagy-e, hogy az új szerszám felső bélyegjeit fel lehessen fogatni rá
- 8) a szerszám magassága megfelelő legyen, hogy a sajtógép fogadni tudja azt

3.3.2 A követelmények teljesülésének vizsgálata

Az (1) kritérium, hogy a présgép utáni lapfordító fogadni tudja az új szerszám egy löketéből származó lapokat. A lapfordító lényege, hogy a nemes felületével lefelé („fejfelé”) érkező lapokat függőleges irányban megfordítsa, tehát a nemes felületük felfelé nézzen. Erre egyből a sajtolás után minél előbb szükség van, hogy a nyerslapok ne a nemes felületekkel érintkezzenek a szállítópályához, így ugyanis sérülhet a felület. Szintén fontos a fordítás, ugyanis a mázolás csak ebben az orientációban mehet végbe. A sajtógép utáni lapfordítót a 15. képen láthatja [6].



15. kép Sacmi PH 2000-rs sorozatú gép, piros négyzetben kiemelve a lapfordító berendezés [6]

A mi lapfordítónk 1600 mm szélességű és 900 mm hosszú lapokat tud fordítani. Tehát az 1600 mm-be bele kell férnie a két szélső fészek távolabbi oldalai közötti távolságnak. A 900 mm-es hossz nem lehet probléma, a lapok ~660 mm hosszúak lennének ebben az esetben.

A fordító után egy „átadó” van az ékszíjas szállítópályába építve. Ennek a lényege, hogy a két szállítópálya 90°-ban csatlakozik egymásba, miután a lap megérkezik a második szállítópálya felé, megáll, az kiemelkedik az első pálya síkja felé és derékszögben elviszi a lapot. Sajnos ez az orientációja a lapoknak nem lesz megfelelő később a mázolás során, ezért 90°-al el kell forgatni a lapokat a függőleges tengelyük körül. Ez nem probléma, régebben egy görgős lapfordítót (nem összekeverendő a prés utánival, ami vízszintes tengely körül forgatja a lapokat) építettünk a pályába. Ennek lényege, hogy a szállítópálya két szélén enyhén megdöntve v-alakban két sor görgő van hosszában, a két görgősor sebességét külön inverterről vezérelve olyan sebességkülönbséget hozhatunk létre, ami a lap 90°-os elfordulását eredményezi a pályaszakasz végére. Ezt a lehetőséget az eredeti 2 fészekes szerszámnál nem kellett használnunk, a 3 fészekesnél használva a szárítóba ugyan olyan orientációban fognak érkezni a lapok, mint eddig.

A szárító előtt egy úgynevezett „lapsorakoztató” helyezkedik el, ez a szerkezet egymástól ugyan olyan kis távolságra felsorakoztatja az érkező lapokat, majd az kellő számot elérve továbbítja azokat a szárító bejáratához. A sajtógép utáni szállítópályát a szárító bejáratáig a 16. képen láthatjuk [10]. Erre azért van szükség, hogy a szárítóban egyenletes szélességű folyamatos szőnyeget tudjon biztosítani. A 30x60 cm-es formátum esetén a szőnyeg szélessége 3 lap a hosszú oldalukkal előre. Ezt a hagyományos szerszámmal másfél löket alatt tudtuk megtölteni (tehát a sorakoztató fogadott egy löketből származó lapot, majd a másodiktól 1 db-ot hozzájuk zárva továbbította, addig a maradék 1 db- lap várakozott a következő löket két lapjára). Az új szerszám egy lökete pont egy sort töltene meg a szárítóban, így valamennyivel egyszerűsödne is a folyamat, a sorakoztatónak csak a köztük lévő távolságot kellene összehámozni. Ebből a szempontból a (2) kritériumnak nem csak megfeleltünk, de még előnyösebb is lenne az új szerszám!



16. kép Burkolólapgyártó sajtógépek és összekötött szállítópályájuk a szárító kemencével

A (3) feltétel, hogy a merevség megőrzése érdekében megfelelő fészektávolság mellett elegendő hely legyen a fészkeknek. Általában a beható szerszámok szerszámkeretje 100 mm vastag DIN CK45-ös acélból készül (a 100 mm vastagságból 1-2 mm lejöhet a megmunkálás során), a betétlécek pedig 20 mm vastag anyagból készülnek. Ebben az esetben a szakirodalom [5] azt javasolja, hogy közepes formátumoknál (amibe a 30x60-as formátum is tartozik) a betétléceket nem beleszámolva 40-50 mm-es távolság legyen a fészkek között, ez kisebb formátumoknál 30 mm-re is csökkenthető. A szakirodalom kitér arra is, hogy a szélső fészkek külső széleitől 70 mm hely is elmaradjon oldalanként a szerszámkeret széléig, hogy a keret merevsége megfelelő legyen és a töltőkocsi mozgása is biztosított legyen.

A 3 fészek két külső fészkének külső oldalainak távolsága, tehát a 3 fészek befoglaló hossza így:

$$A_m = 3 * L_{A2} + 6 * s_b + 2 * s_k + 2 * s_s = 3 * 329,35 + 6 * 20 + 2 * 50 + 2 * 70 \\ = 1343,16 \text{ [mm]} \cong 1344 \text{ [mm]}$$

ahol:

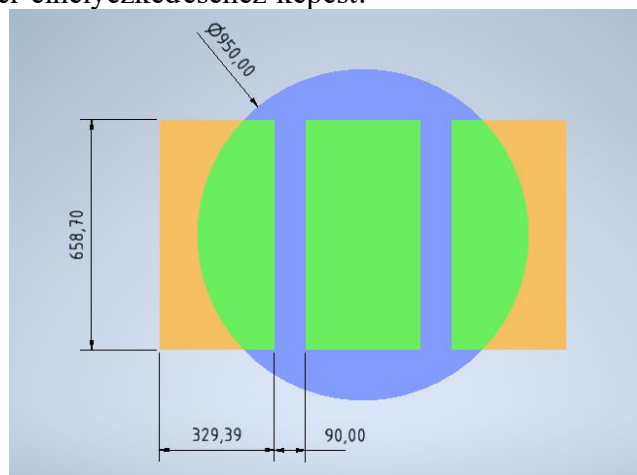
- s_b a betétlécek szélessége [mm]

- s_k a fészek közötti távolság a betételek nélkül [mm]
- s_s a szélső fészek külső oldalai melletti távolság a szerszámkeret szélétől [mm]

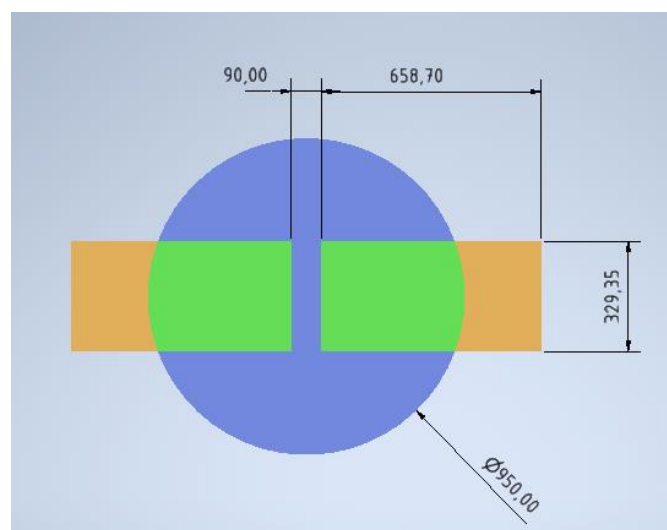
Amint látszik még viszonylag magasabb értékekkel számolva is a szerszám szélessége beleférne 1344 mm-be, míg a gépkönyv [7] alapján a prés oszlopai között a távolság - tehát a maximális szerszámszélesség - 1750 mm lehet, ezzel a (4) feltétel is teljesült. Ez nem okoz különösebb meglepetést, ugyanis a két fészekes szerszám keresztben fekvő két fészke ezen analógia alapján már első pillantásra is nagyobbak tűnik, egészen pontosan:

$$\begin{aligned}
 A_{m(\text{rég})} &= 2 * L_{A1} + 4 * s_b + 1 * s_k + 2 * s_s = 2 * 658,7 + 4 * 20 + 1 * 50 + 2 * 70 \\
 &= 1584,04 \text{ [mm]} \cong 1585 \text{ [mm]}
 \end{aligned}$$

Azért is tartottam fontosnak kiemelni ezt a különbséget ugyanis itt megmutatkozik a szerszám egy újabb előnye: a fészek befoglaló mérete sokkal inkább a fő munkahenger alatt helyezkedik el, így a terhelés eloszlása sokkal inkább azonos a különböző fészekben és azok különböző pontjain. Ennek oka, hogy a travers, habár nagyon masszív alkatrész, mégis az a része, amely nem támaszkodik a munkahengerre hajlamos rugalmasan alakváltozásra, ami a fészek nem egyenletes terhelését jelenti és később a kitégetett burkolólapok alakváltozásához vezet. Az új és a meglévő szerszám fészkeinek elrendezéséről készült szerkesztést a 17. és 18. ábrán láthatja a munkahenger elhelyezkedéséhez képest.



17. ábra A tervezendő szerszám fészkeinek pozíciója a fő munkahengerhez képest



18. ábra A meglévő szerszám fészkeinek pozíciója a fő munkahengerhez képest

A számolás koránt sem jelenti azt, hogy a szerszámot ezen méretekkkel fogom megtervezni, ugyanis a szerszámkeret nem lehet ilyen keskeny, a töltőkocsi megvezetésére ennél szélesebb szerszámkeret lesz szükséges. Az s_k távolságot sem törvényszerűen fogom 50 mm-re hagyni az előző bekezdés okán (, hogy a fészkek minél inkább a munkahenger alá essenek), de természetesen a 40 mm-es alsó határ alá se fogom csökkenteni a távolságot.

Az (5) feltétel, hogy az alkalmazható töltőrács elég széles legyen a szerszám fészkeinek megfelelő betöltésére. A feltétel vizsgálatához először meg kell határoznunk az adott préségp töltőkocsijába szerelhető töltőrács méretét. A gyakorlatban bevett szokás, hogy egy préségphez tartozó töltőrács méretét úgy is meghatározhatjuk, hogy ha kisebb préseknél (amilyen a mi esetünkben is) kivonunk az oszloptávából 150 mm-t, míg a nagyobb préseknél 180 mm-t. Ez nagyjából 7-9%-os csökkenést jelent. Ez alapján a szerszám töltőszélessége:

$$A_t = D - 150 = 1750 - 150 = 1600 \text{ [mm]}$$

ahol:

- D a prészserszám oszloptávolsága [mm]

Nyilvánvalóan ez a fajta gyors számolás csak egy előzetes kalkuláció, a valóságban tervezés előtt a töltőkocsi hivatalos gépkönyvéből kell tájékozódni, ez alapján az adott gép töltőszélessége (A_{tmax}) 1595 mm [11].

A szakirodalom szerint [5] a töltőmélységtől és a ciklusszámtól függően 5-15 mm-el szélesebb töltőrácsot kell alkalmazni, mint a két szélső fészkek külső oldalainak távolsága a betétlécek nélkül. Valószínűleg nekünk a minimális értékkel való kalkulálás is megfelelő lenne, ugyanis az általunk gyártott lap vastagsága viszonylag kicsi és a préselési ciklus is alacsony lesz (7-8 ciklus percenként). Ennek ellenére biztosra szeretnék menni ezért 15 mm-el fogok számolni. Így a minimális töltőszélesség a következő lesz:

$$\begin{aligned} A_{tmin} &= 3 * L_{A2} + 4 * s_b + 2 * s_k + 2 * s_t = 3 * 329,35 + 4 * 20 + 2 * 50 + 2 * 15 \\ &= 1193,16 \text{ [mm]} \cong 1194 \text{ [mm]} \end{aligned}$$

ahol:

- s_t a töltőrácsnak hagyott plusz szélesség [mm]

Amint látszik $A_{tmin} > A_{tmax}$, tehát a töltőrács elég széles lesz a fészkek betöltésére, így az (5) feltétel is teljesül. Az, hogy a rács kisebb, mint a töltőkocsi szélessége nem okoz problémát, az elmaradt részekben a töltőrács felső síkjába kopásálló lemezt fogatnak fel, ami a töltőrács úgynevezett vak része.

A (6) feltétel, hogy a töltőkocsi által biztosított töltőmélység elég legyen a szerszám fészkeinek betöltésére. Az előző szerszám a fészkek rövidebb L_{A2} oldalával helyezkedett el a töltés irányában, tehát jóval rövidebb szerszám is elkészíthető volt, ezért a vizsgálat nagyon fontos lépés. A fészkek L_{A1} , azaz a hosszabb oldala most a töltés irányában helyezkedik el. Fontos megemlíteni, hogy a betétlécek nélküli szerszámkereten keresztül, a fészkeknek kimunkált zseb előtt és után is nem csak szilárdsági, de technológiai okokból is nagyobb vízszintes irányú vastagságot kell hagyni, mint a szerszámkeret szélein vagy a fészkek között, ugyanis itt helyezkedik majd el a szerszámkeret belső fűtése, valamint a keret tartóoszlopainak felfogatását is itt kell megvalósítani. A sajtógéphez Sacmi DCL 976 típusú töltő egység van csatlakoztatva, melynek a maximális töltő mélysége 1110 mm. A szerszámkeret elejének és hátuljának hossza a betétlécek nélkül a következő lesz:

$$E = \frac{L_{fmax} - (L_{A1} + 2 * s_b)}{2} = \frac{1110 - (658,7 + 2 * 20)}{2} = 206,49 \text{ [mm]}$$

ahol:

- E a maximális oldalankénti hossz irányú vastagsága a szerszámkeretnek [mm]
- L_{fmax} a maximális töltő mélység [mm]

Szilárdságot figyelembe véve mindenképpen elegendő lesz az anyagvastagság. A szigorúbb feltételt tekintve is biztosan elegendő lesz az adott méret (tapasztalat alapján). Így kijelenthető, hogy a töltőkocsi által biztosított töltőmélység biztosan nem fogja megakadályozni a szerszám megvalósítását. A töltés lökete egyébként állítható, valamint a töltőkocsi asztala és a sajtógép kijáratánál lévő kihordó asztal is hosszirányban állítható, tehát különböző hosszú szerszámokhoz is beállítható a sajtógép és annak perifériái.

A következő – dimenziókra vonatkozó - korlát a sajtógép traverzének, vagy közismert nevén „medvéjének” méretei. A gépkönyv erre vonatkozó résszel nem rendelkezik, ezért személyesen mértem le annak méreteit. A traverz vízszintes szélessége 1600 mm (ez összhangban van a A_{tmax} töltőszélességgel), hossza pedig 600 mm. A medvére egy szintén 1600 mm széles, de 700 mm hosszú mágneses nyomólap van felfogva (ahogy korábban említettem, erre vannak felfogva elektromágnesekkel a felső bélyegek, és a fűtésük is ezen keresztül van megoldva). A felfogólap szintén 100 mm vastag DIN CK45-ből készül [5]. A felső bélyegek működő felülete ugyan 656,52x327,22 mm méretű, de a hátlapjuk ennél kisebb, 650x325 mm méretű. Látható, hogy a nyomólap 700 mm-es hossza elég lesz bélyegek felfogására, viszont lesz olyan területe a bélyegnek, amit a nyomólapnak olyan része nyom, ami nem fekszik fel a medvére. A kilógó hossz oldalanként:

$$g_{TA2} = \frac{T_{A2} - P_{B1}}{2} = \frac{600 - 650}{2} = 25 \text{ mm}$$

ahol:

- g_{TA2} a medve alól kilógó oldalankénti hossza [mm]
- T_{A2} a medve hossza [mm]
- P_{B1} a bélyeg hátsó, hosszú oldalának hossza [mm]

Látható, hogy a felső bélyeg rövid oldala mindkét oldalt 25 mm-en csak a nyomólapra fog felfeküdni, a medve viszont nem fogja támasztani a nyomólapot. Ez bizonyos szint után problémát okozhat, mert habár a felfogólap is nagyon masszív, nagyobb rugalmas alakváltozást szenved el a sajtolás során, mint a jellemzően 500-800 mm vastag traverz. A gép gyártója szerint viszont a 700 mm hosszú nyomólapot úgy tervezték, hogy az egész hosszában kihasználható legyen felsőbélyeg rögzítésre, tehát akár oldalanként 50 mm túlnyúlás is megengedhető a traverzhez képest. Tehát a (7) feltételnek megfelel a szerszám konstrukció.

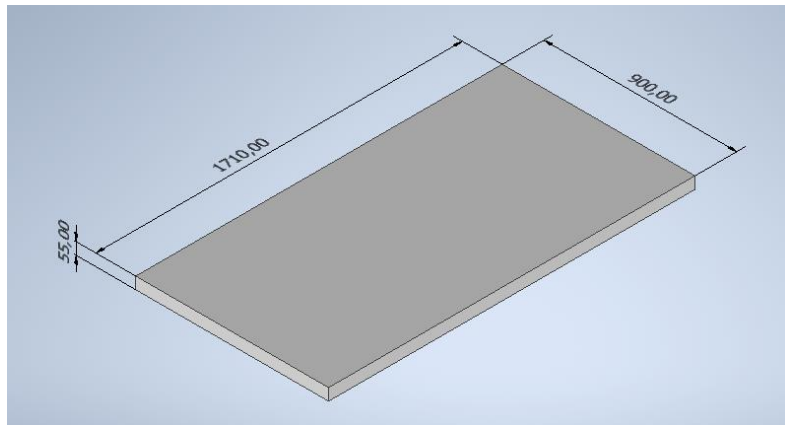
A (8) -es és egyben utolsó feltétel, hogy a szerszám magassága a sajtógép és annak perifériái által befogadható legyen. A vonatkozó gépkönyveket megvizsgálva [7] [11] arra jutottam, hogy a szigorúbb feltételt a töltőkocsi asztalának beállítási lehetőségei adják: a prés asztalától 265-395 mm magasság között állítható. Ez biztosan nem okoz problémát, ugyanis nálunk az ezen a gépen használatos szerszámok magassága 340 mm és semmilyen technikai tényező nem indokolja, hogy az új szerszám magasabb legyen, tehát a (7) – es feltételt teljesültnek tekintem.

3.4 Szerszám konstrukciós tervezése

3.4.1 A szerszám alaplemezeinek megtervezése

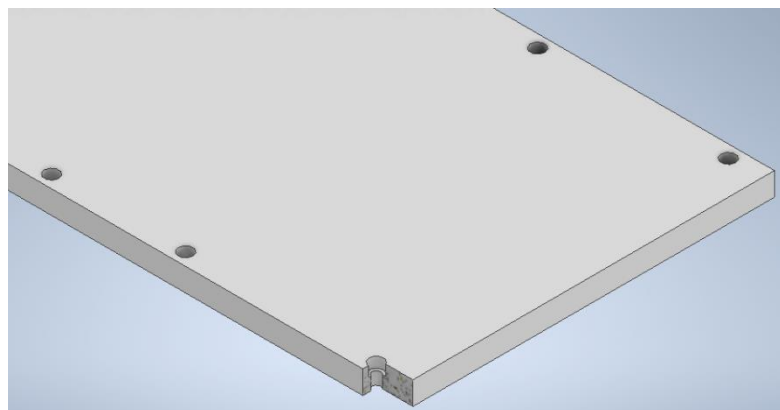
A szerszám tervezését az alaplemez megtervezésével kezdtem. A tervezés során a fő kiinduló méretek a sajtógép méreteiből fakadnak, ugyanis ezen az alkatrészen keresztül fog csatlakozni a szerszám a sajtógép asztalához. A sajtógép gyártója – mivel a sajtószerszám nem a termék része – egy csomagban biztosítja a gép azon méreteit rajz formájában, amik egy szerszám tervezéséhez szükségesek, ezeket a gyári rajzdokumentációkat az 1. és 2. mellékletben találjuk.

A szerszám ezen része gyakorlatilag minden szerszámnál közel azonos, amit erre az adott sajtógépre szeretnénk felfogni. Kisebb eltérések lehetnek a szerszámkeret oszlopainak a furatainak, valamint a porvédő harmonika furatainak elhelyezkedésében, valamint az alaplemez három féle hosszúsággal rendelkezhet. Az alaplemez anyaga DIN CK45, a befoglaló méretei a sajtógép asztalának méreteiből származnak, ami 1710 x 900 mm. A vastagság a gyakorlatban 48 mm, 55 mm vagy 65 mm szokott lenni a burkolólap sajtószerszámoknál általánosságban [5], a sajtógépünk SPE 253-mal van felszerelve, amihez az 55 mm-es vastagságot ír elő a gyártó, ebben az esetben elegendő hely van az alkatrészeknek, valamint a szilárdság is megfelelő. A relatív kis anyagvastagság azzal indokolható, hogy az alkatrész a sajtógép asztalához van csavarozva, így csak nyomásnak van kitéve a mobil lap részéről. Az alaplemez befoglaló méreteit a 19. képen láthatjuk.



19. kép A szerszám alaplemezeinek befoglaló méretei

A következő lépésben elhelyeztem a modellen a furatokat, amelyeken keresztül a szerszámot a présgép asztalához lehet rögzíteni. A furatkiosztás az említette dokumentáció alapján adott volt (1. melléklet), a rögzítés nyolc darab M24-es ISO 4762 szabványú (belső kulcsnyílású) csavarokkal lesz megvalósítva, amiknek a feje az alaplemezbe lesz süllyesztve. A csavarfejek mind süllyesztettek lesznek [12]. A szerszám lefogására 12.9 szilárdsági osztályú csavart és Schnorr fogazott biztosító alátétet használunk minden esetben. Az alaplemez rögzítő furatainak a kialakítását a 20. képen láthatjuk.

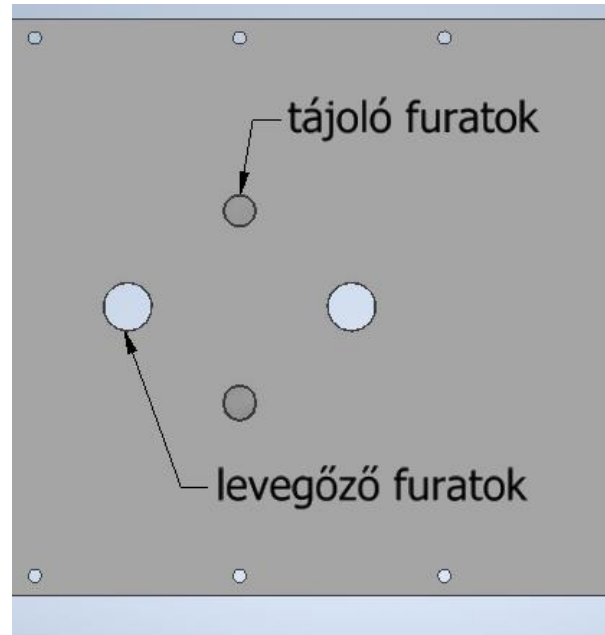


20. kép Az alaplemez rögzítésének furatai

Ez után szintén a kapott dokumentációk alapján elhelyeztem a szerszám központosítására szánt zsebeket. A sajtógép asztalán hosszirányban egymástól 300 mm távolságra helyezkedik el a két $\varnothing 50$ mm-es központosító hüvely. A központosításra egy $\varnothing 50 \times 25$

mm-es zsebet és egy szintén $\varnothing 50$ mm es átmérővel és 25 mm mélységgel rendelkező ovális zsebet helyeztem el, ahol a két középpont között 5 mm a távolság, hogy a tájolás ne legyen túlhatározott.

Szintén el kellett helyezni az alaplemezen a szerszám levegőzésére szolgáló két furatot, ezek pozícióját és méretét szintén a kapott rajzok határozták meg (2. melléklet): kereszt irányban két szimmetrikusan, egymástól 350 mm távolságra elhelyezett $\varnothing 75$ mm furatra volt szükség. Ahogy korábban említettem, a szerszám a kiemelés során levegőt szív be (süllyedés során pedig kifúj), ezt csak ezen a két furaton teheti meg, mert ezek levegősűrőkkel vannak összekötve, hogy a szerszám ne szívhasson magába a sajtóporból. Az alaplemez modelljén kialakított levegőző és tájoló furatokat a 21. képen láthatjuk.



21. kép Az alaplemez tájoló és levegőző furatai

Ezt követően a szerszám kiemeléséért és süllyesztéséért felelős munkahengerek, valamint a szerszám magasságát figyelő enkóder helyét kellett elhelyeznem. Habár a sajtógépünk viszonylag régi, egy újabb 2016-os SPE 253-as kilövő szerkezettel van felszerelve, mely már az újabb SPE 2+2 családhoz tartozik. Ez a tervezés során azért lesz fontos, mert az ilyen szerkezetek 2 rögzített és két nem rögzített végű hidraulikus munkahengerrel vannak felszerelve (a régi SPE 4-en mind a négy munkahenger rögzített volt). Amint a 22. képen látható a rögzített végű munkahengerek a keresztben lévő középvonalon vannak elhelyezve, a rögzítetlenek a hosszirányú középvonaltól ugyan olyan távolságra, de nem a keresztben lévő középvonalon, hanem az egyik előre, a másik pedig hátrafelé 140 mm távolságban, hogy biztosítsák a szerszám mobil lapjának a vízszintes mozgását. A rögzített végű munkahengerektől az asztal szélei felé, szintén a kereszt irányú középvonalon helyezkedik el a két enkóder mechanizmus. Ezek az enkóder „dugattyúk” rugó előfeszítéssel vannak a szerszám

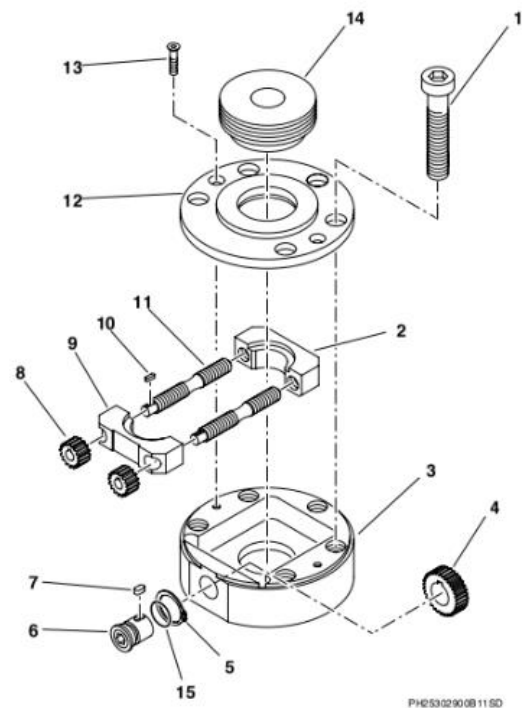


22. kép Az általunk használt sajtógép kiemelő berendezésének munkahengerei és enkóder mozgásalakítói

mobil lapjához nyomva, hogy lekövezzék annak mozgását. Az egyenes irányú mozgást egy mechanikus szerkezet forgó mozgássá alakítja, ezt a forgó mozgást fogasszíjjal 1-1 inkrementális enkóderre vezetik ki, így mérve a szerszám helyzetét. Oldalanként a munkahenger párok 1-1 sorosan vannak kapcsolva és egy proporcionális hidraulikus szelepről vannak vezérelve a hozzájuk tartozó enkóder alapján.

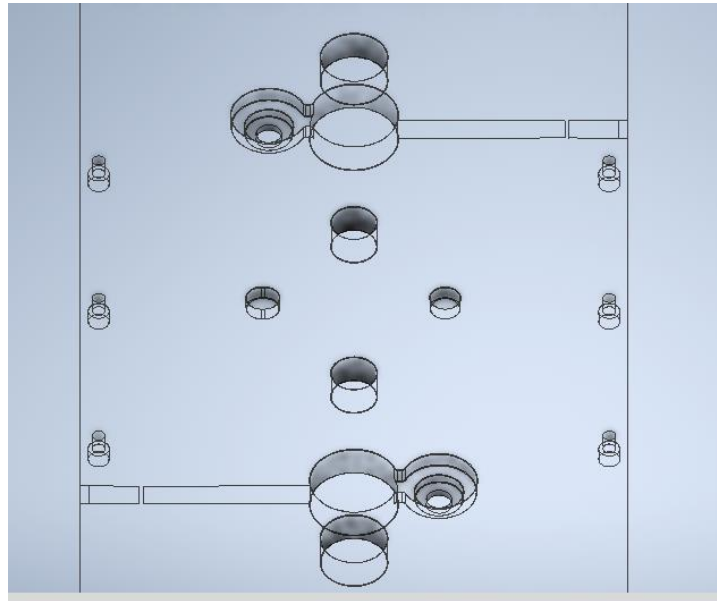
Mivel az előbb bemutatott összes alkatrész nem a szerszám alaplemezéhez, hanem a mobil laphoz kapcsolódik, ami az alaplemez fölött helyezkedik el, így az alaplemezt úgy kell kialakítani, hogy azok áthatolhassanak rajta. Azon kívül, hogy a munkahengerek dugattyúrúdjai és az útmérő dugattyúja áthatolnak az alaplemezen, további három konstrukciós feltételnek is meg kell felelni, amik a következők:

- A 22. képen [7] is jól látható, hogy a rögzítetlen végű munkahengerek hengere kiemelkedik a gép asztalának síkjából, így annak helyét ki kell munkálni az alaplemezről.
- A rögzített munkahengerek dugattyúrúdjának a gomba alakú végére egy a gyártó által biztosított szerkezet fog kapcsolódni, a „szerszám csatlakozó” a 23. ábrán láthatjuk. Ez a szerkezet a mobil laphoz van rögzítve, de méreténél fogva bejár az alaplemezbe, így ennek a helyét is ki kell munkálni.
- Az előző pontban említett rögzítő szerkezet belülről pofákkal (2) (9) zár rá a dugattyúrúd végére, amely pofákat orsók (11) segítségével zárunk és nyitunk. A szerkezet nyitásához és zárásához egy belső kulcsnyílású dugót kell tekerni, így ennek hozzáférhetőnek kell lennie. Mivel a szerkezet a szerszám mélyén van, ezért furatok kell kimunkálni az alaplemezen, hogy hozzáférhessünk a dugóhoz és az SPE-t a szerszámhoz csatlakoztathassuk.



23. ábra Az SPE rögzített végű munkahengereinek csatlakozója [7].

Az SPE kiemelő és útmérő szerkezetének, valamint a szerszám csatlakozónak a 24. képen látható zsebeket és furatokat munkáltam ki. A zsebek és a furatok úgy készültek, hogy az átmérők 5 mm nagyobbak az alkatrészek átmérőinél, amik beléjük kerülnek, a zsebek mélysége viszont csak 2 mm mélyebb, mint a bele kerülő alkatrész magassága, ugyanis ez nem befolyásolja a szerszám instalálását. Az egymás mellett lévő két fajta munkahengernek készített zsebet és furatot egy 50 mm széles áttöréssel összekötöttem, ugyanis ez könnyíti a megmunkálást a CNC gépen, és nem befolyásolja a szerszám semmilyen jellemzőjét. A szerszám csatlakoztatására $\varnothing 25$ mm furatot terveztem, látható, hogy egyik oldalt a sajtógép első felén, a másikat pedig mögötte kell a dugattyúrudakra erősíteni a nem rögzített végű munkahengerek miatt. Ezeket a furatokat szerszámcsere után kereskedelmi forgalomban kapható vakdugókkal kell lezárni.

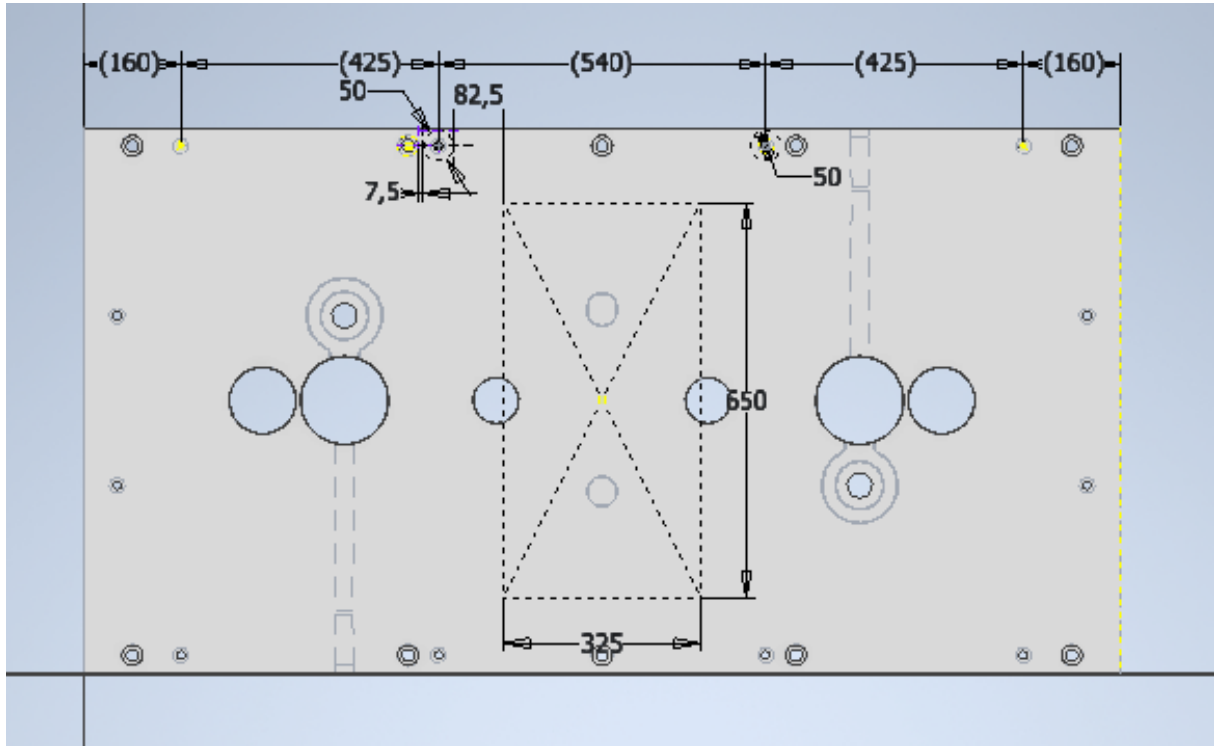


24. kép Az SPE alaplemezen átmenő alkatrészeinek kimunkált furatok és a munkahengerek végének rögzítésére szolgáló furatok

Következő lépésként az oszlopok rögzítésére szánt csavarok furatait helyeztem el. Az oszlopok szinte kivétel nélkül $\varnothing 50$ mm-es rúdanyagból készülnek, egyetlen központos furattal rögzítik őket alulról az alaplemezhez és felülről a szerszámkerethez. Itt is ISO 4762 szabványú (belső kulcsnyílású) csavarokat szoktak alkalmazni, M14 méretben, szintén Schnorr alátétekkel rögzítve. A PH2890-es présgép (és jellemzően a hasonló méretű préseken) 10 darab oszlopot alkalmaznak: 4-4-et a hosszú oldalon és 2-2-t a rövid oldalon. Az oszlopok pozíciójának meghatározásakor törekedni kell az egyenlő távolságra közöttük a rugalmas alakváltozások csökkentése végett. E mellett az oszlopok kiosztását befolyásoló tényezők a továbbiak lehetnek:

- a fészkek hossz irányú mérete és hogy mekkora lesz a szerszámkeret (az oszlop nem lóghat a betételek fölé és a szerszámkeretre is fel kell feküdnie)
- az oszlop és a fészkek között további alkatrészek helyezkednek el (pl. fűtés)
- az alaplemez a sajtógéphez rögzítő furatok helye, ami adott a gép típusnál
- a bélyeg támasztó tuskók között rések elhelyezkedése, ezeknek a réseknek hozzáférhetőnek kell lenni, mert gyakori, hogy por halmozódik fel közöttük, ami „feltámasztja” a szerszámot kiemelés közben, ezért műszakonként legalább egyszer takarítani kell a szerszám ezen részét.

A hosszú oldalakon mivel a szerszámkeret lehetséges, hogy hosszabb lesz, mint az alaplemez az oszlopokat mindenképp az alaplemez legszélére, vagyis attól 5 mm-re helyeztem el, ehhez a furatok tengelyközépvonala 30 mm-re lesz az alaplemez szélétől. Az egymás közötti távolságuk egy az 25. képen látható szerkesztés alapján határoztam meg a fentebbi pontokat figyelembe véve.



25. kép A szerszám oszlopainak a rögzítésére szolgáló furatok pozíciója az alaplemez modelljén

A rövid oldalon lévő furatok elhelyezésénél csak az egyenlő elosztásra kellett törekednem, itt az oszlopokat nem szükséges annyira a szerszámkeret szélére helyezni, ugyanis ennél a fészek kiosztásnál viszonylag sok hely marad a szerszámkeret két szélén. Természetesen a csavarfejek itt is süllyesztve lesznek [12]. Az oszlopok alulról lesznek a szerszámra csavarozva, így a lépcsős furatok is az alaplemez aljáról lesznek kifúrva. Természetesen a keret tervezése során ellenőrizni kell az oszlopok pozícióját is, igény esetén módosítani a végleges modellen.

A szerszám alaplemezének tervezéséből már csak pár periféria felfogatására szükséges menetes furat elhelyezése maradt hátra, ezek a következők:

- a porvédő harmonika aljának a furatkiosztása
- a szerszám elektromos csatlakozótábláját vagy gyorscsatlakozóját is az alaplemezhez szokás rögzíteni
- a szerszám mobil lapját és a szerszámkeretet is földelni kell

A legnagyobb falat a felsoroltak közül a porvédő harmonika furatkiosztásának megtervezése, ugyanis ehhez már tudni kell a mobil lap horizontális befoglaló méreteit. Először vizsgáljuk meg a hossz irányú (rövidebb oldal) méreteit a mobil lapnak: a szakirodalom [5] szerint bélyegfelfogó tuskóknak 1 mm-el kisebbnek kell lenni a bélyeg alsó oldalánál (biztonság miatt, mivel bejár a szerszámkeretbe), a mobil lapnak pedig 1 mm-el nagyobboknak kell lenni a tuskóknál. Tehát a mobil lap hossza egyenlő lehet a bélyeg alsó hosszánál, ami 650 mm, ami számunkra megfelel. A mobil lap lehet hosszabb is, de mivel a fészkek hosszában helyezkednek el, minél inkább szeretnénk minimalizálni a mobil lap amúgy sem kicsi hosszát, így a hosszabb

mobil lap semmiképp sem indokolt. A mobil lap szélességére ez szintúgy igaz: oldalanként minimum 0,5 mm-el szélesebbnek kell lennie, mint a tuskókat befoglaló legnagyobb távolság. Ha a nagyon biztonságos 50 mm-es távolsággal számolunk a szerszámkeret fészkei közötti távolságként (a betétléceket nem beleértve), akkor a minimális szélessége a mobil lapnak:

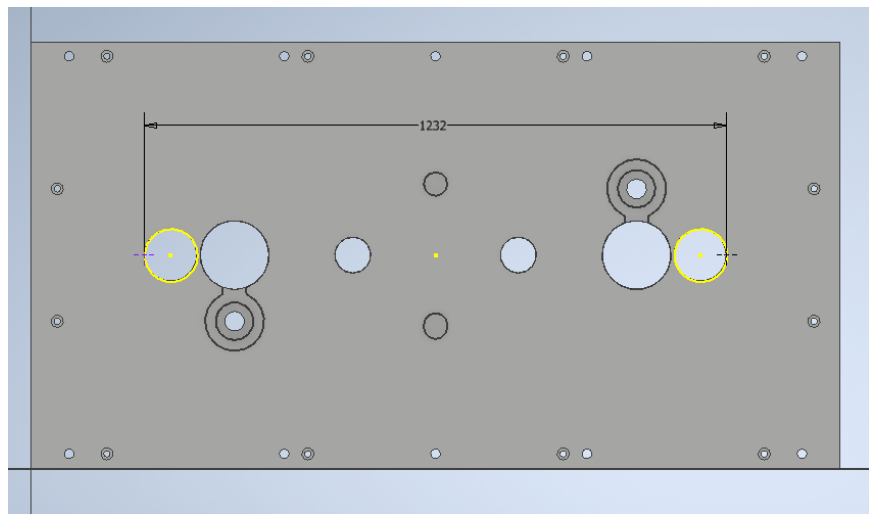
$$A_{cmin} = 3 * L_{t1} + 4 * s_b + 2 * s_k + 2 * 0,5 = 3 * 324 + 4 * 20 + 2 * 50 + 2 * 0,5 = 1153 \text{ [mm]}$$

Ahol:

- A_{cmin} a mobil lap legkisebb szélessége [mm]
- L_{t1} a tuskók szélessége [mm]

Látható, hogy a fészkek elhelyezkedése 1153 mm széles mobil lapot is megengedne, de az SPE kialakítása ezt nem teszi lehetővé, ugyanis az enkóder mechanikájának erre az alkatrészre kell támaszkodni. Az enkódernek kimunkált két furat (az élettörést is beleszámolva)

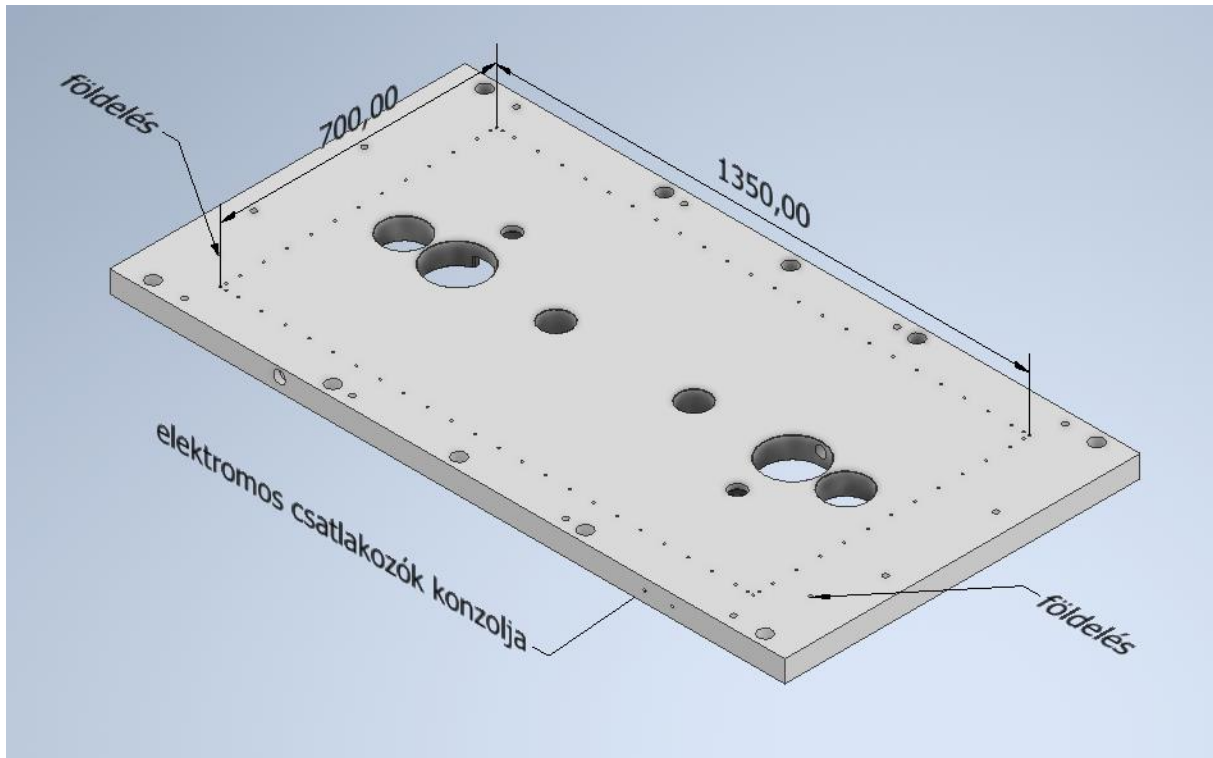
legnagyobb távolsága 1232 mm -, ahogy a 26. képen is láthatjuk -, tehát minimálisan ilyen széles mobil lapra szükség van.



26. kép Az enkóderek mozgásátalakítóinak a legnagyobb távolsága

A mobil lap kialakítása miatt, még egy kis helyre szükség lesz az enkóderek szélétől (a vonatkozó részben fejtem ki), így 1300 mm-re kerekítettem a mobil lap szélességét. A porvédő harmonika felfogatását 25 mm-re helyeztem el oldalanként a mobil laptól, így a M6 menetes zsákfuratok kiosztása egy 700X1350 négyzet mentén történt. A furatok egymástól 60 mm-re helyezkednek el, a sarokban lévő 3 db csavar csak 15 mm-re. Egyébként ilyen méretű harmonikát már szereztünk be hazai gyártótól, ezért beszerzése egyszerű lesz.

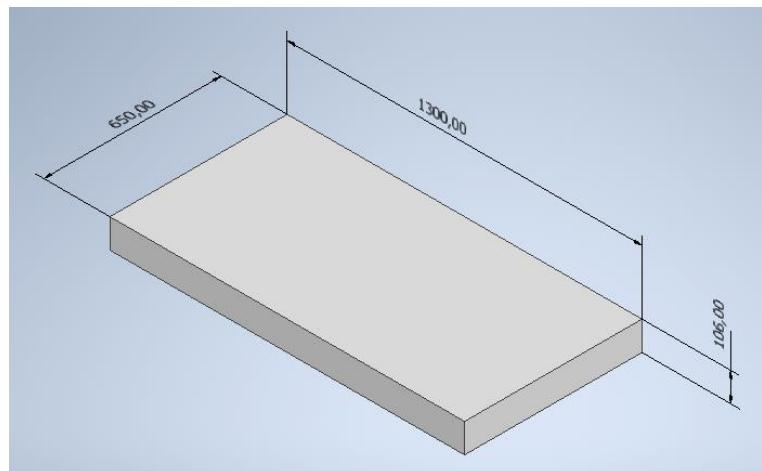
A két földelésnek szánt furatot is elhelyeztem ezek M8 menetes zsákfuratok, egy a szerszámkerethez köti az alaplemezt, egy pedig a mobil laphoz. Szintén elhelyeztem az elektromos csatlakozók paneljének a felfogatását. Ezek szintén M8 menetes zsákfuratok, pozíciójukat egy, már bizonyított szerszámról méreteztem, hogy biztosan ne legyen útban és jól hozzáférhető legyen. A porvédő harmonika, a földelés és az elektromos csatlakozó rögzítő furatait a 27. képen láthatja.



27. kép Az elektromos csatlakozók konzoljának és a földelésnek a furatai az alaplemezen

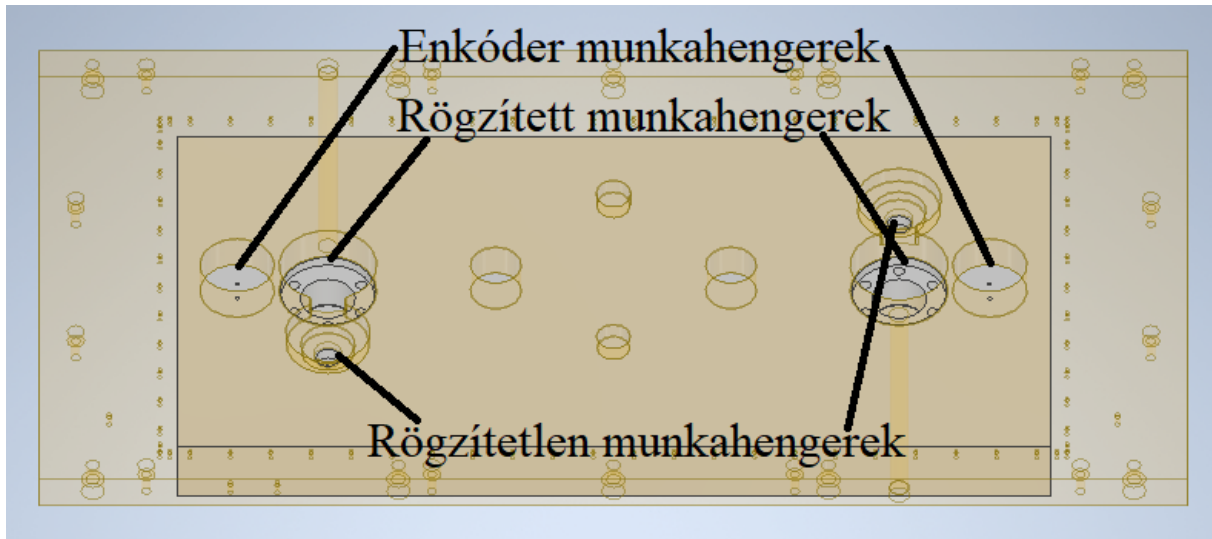
3.4.2 A szerszám mobil lapjának megtervezése

Az előző bekezdésekben bemutatott indokokból a szerszám mobil lapja 1300x650 mm oldalhosszúságokkal rendelkezik, a vastagság tekintetében az alkatrész - sajtógép gyártója által biztosított dokumentációt alapul véve (1. melléklet) – minimum 95 mm kell, hogy legyen. 110 mm-es vastagságú előgyártmányt (DIN CK 45) vettem alapul, ez oldalankénti 2 mm-es megmunkálási ráhagyással végül 106 mm lesz. Igény esetén a tervezés során a vastagságot módosítom. A befoglaló méreteket ebben az esetben a 28. képen láthatjuk.



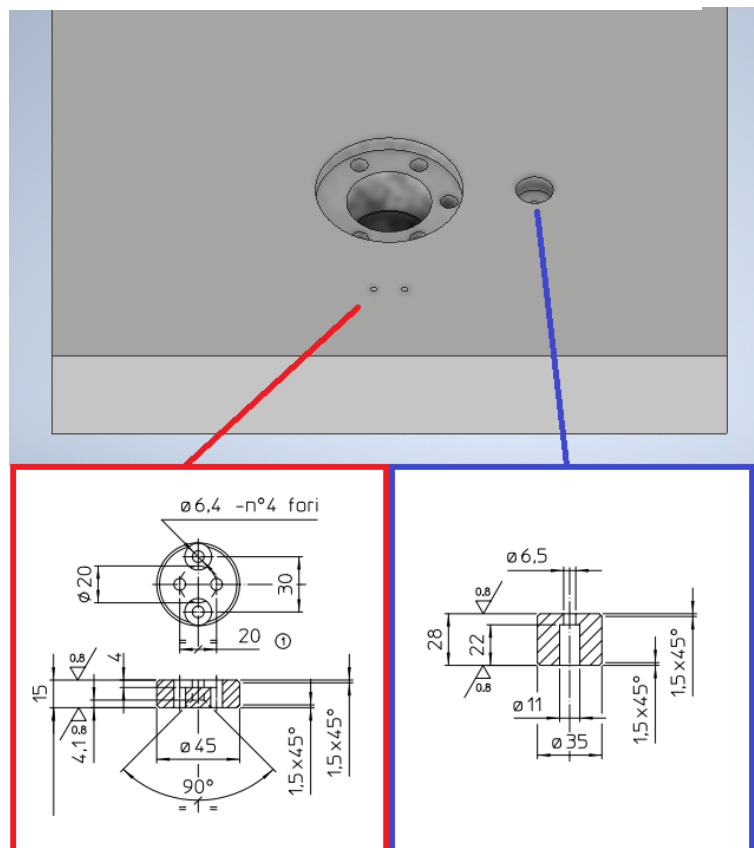
28. kép A szerszám mobil lapjának a befoglaló méretei

A következő lépés a szerszám emeléséért és süllyesztéséért felelős munkahengerek, valamint az enkóder kapcsolódási pontjainak megtervezése lesz, a mobil lap ezeken a pontokon fog kapcsolódni a sajtógéphez. Szerencsére a sajtógép gyártója konkrét méretekkel és pozíciókkal lát el a tervezéshez (2. melléklet). A csatlakozási pontok elhelyezésében a szerszám alap lapjának a tervét is igénybe vettem a 29. képen láthatjuk az alaplapot és a rá illesztett mobil lap a csatlakozási pontokkal.



29. kép A mobil lapra illesztett alaplemez az SPE csatlakozási pontjaival

Fontos, hogy az enkóder munkahengerének és a rögzítetlen végű munkahengerek vége nem közvetlenül a mobil lapra támaszkodik, a szerszámgép gyártója ezekre a pontokra az acél pogácsák elhelyezését írja elő, ezek a pogácsák távtartóként is funkcionálnak, de szerepet játszanak abban is, hogy a mobil lap ne kopjon és deformálódjon a folyamatos érintkezéstől. Az acél pogácsák a sajtógép gyártójától megvásárolhatók, a szerszám időszakos karbantartásánál a cseréjük javasolt. Az acél pogácsák helyét és kialakítását a 30. képen láthatjuk, a rögzített végű munkahengereknek kimunkált fészekbe az előző alfejezet 23. képen látható csatlakozó fog kerülni. A csatlakozó alá egy acél távtartó gyűrűt is el kell helyezni, ez szintén a Sacmi gyártó által biztosított termék.



30. kép Az enkóder mozgásátalakítójának (pirossal) és a rögzítetlen munkahengernek (kékkel) készítendő acél pogácsák és azok helyei

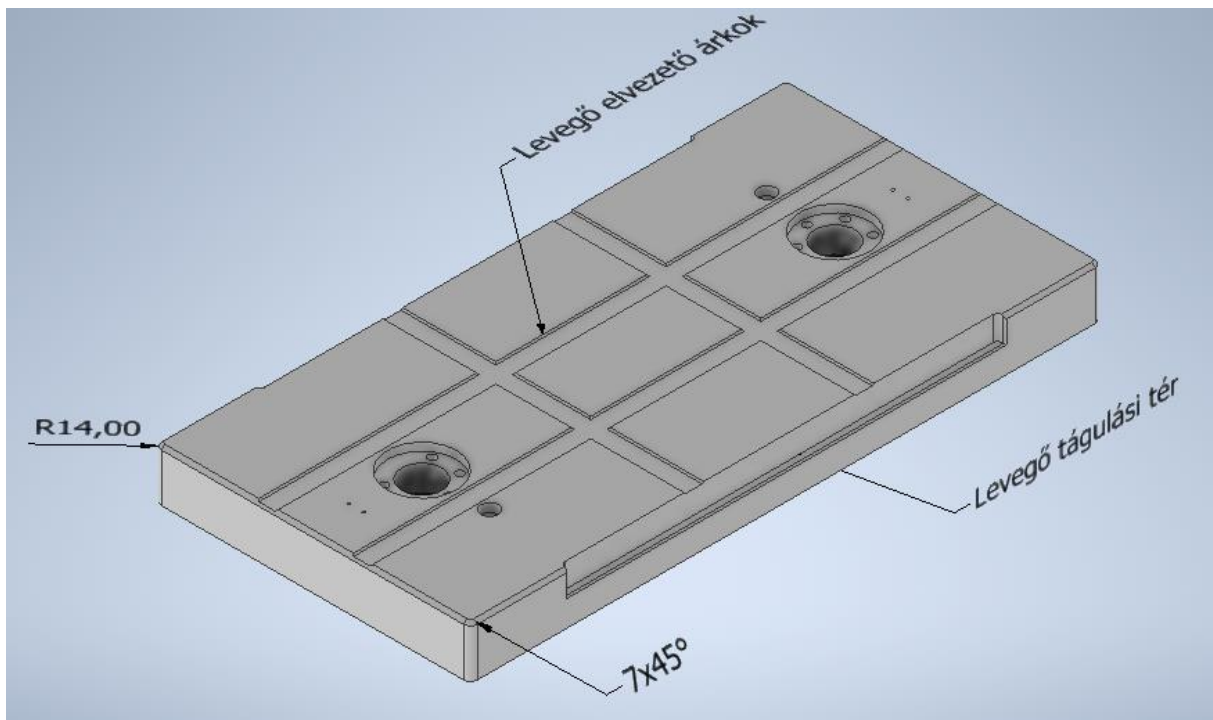
Miután megterveztem a rögzített helyű csatlakozási pontokat, a mobil lap kialakítását módosítottam, hogy az:

- megfelelően elvezesse a levegőt,
- az éles sarkok ne tegyék tönkre idő előtt a porvédő harmonikát,
- letörést alkalmaztam mobil lap alaplemezre fekvő felülete és a függőleges felületek között.

Ahogy már említettem a szerszám a felfele mozgás során levegőt szív be, lefelé pedig kifúj. Mivel poros (sajtópor) környezetben dolgozik, ezt csak egy légszűrőn keresztül teheti meg anélkül, hogy por kerüljön a felfekvő felületek közé. Erre a célra a sajtógép ágyán légelvezető csatornák helyezkednek el, amik légszűrőkhöz vezetnek. A mobil lapon olyan „árkokat” terveztem, ami a levegőt a mobil lap süllyedése során képes elvezetni a kialakított csatornába. Javasolták, hogy egy kisebb térfogatot távolítsak el a mobil lapból olyan helyen, ami nincs különösebb befolyással a statikai jellemzőire, hogy a kiszorítandó levegő ide tudjon tágulni, így több ideje van elhagyni a légelvezető csatornákon a szerszámot. Ez a kimunkálás jellemzően a mobil lap hosszabb oldalain szokott lenni, összesen 1350 cm^3 térfogatot távolítottam el erre a célra. A levegő elvezető árkokból 2-2 fut végig a szerszámon keresztül és hosszirányba is, melyek 40 mm szélesek és 3 mm mélyek. A hossz irányú csatornák az alaplemez levegőelvezető furatai felett haladnak át, hogy megvalósuljon a légelvezetés.

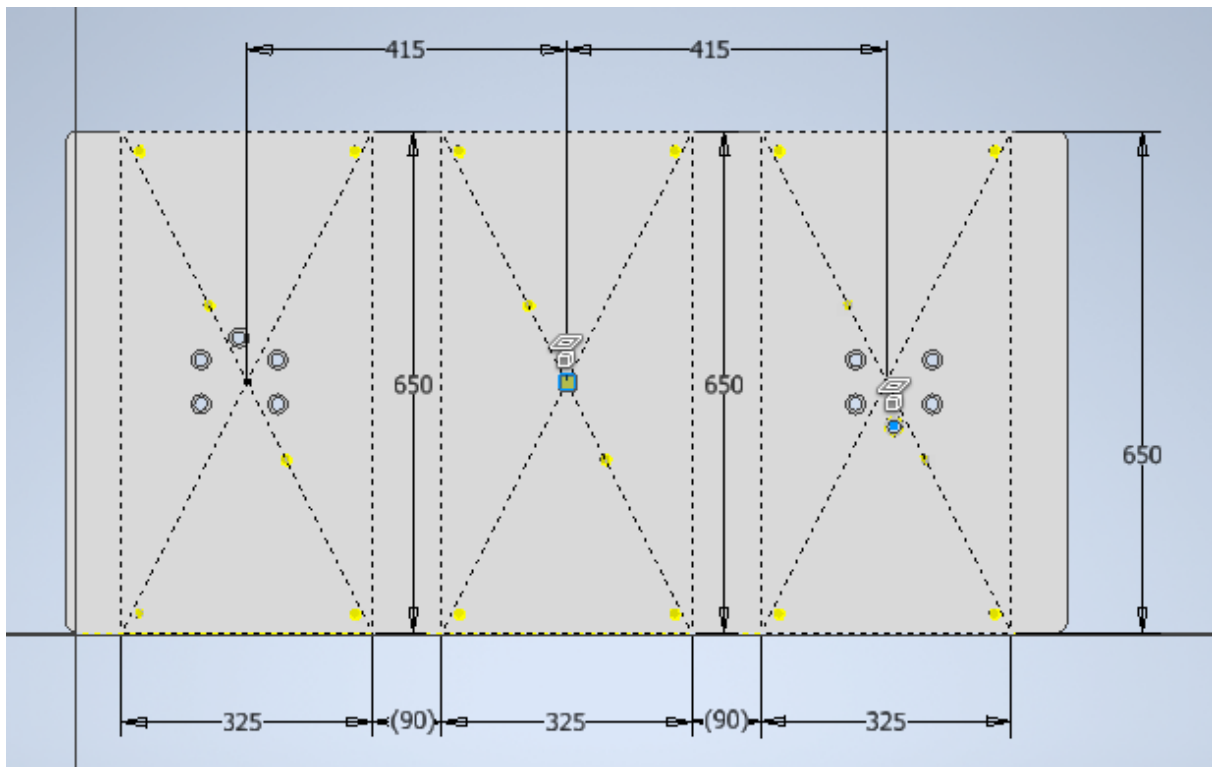
Az alkatrész függőleges élén $R=14 \text{ mm}$ rádiuszt alkalmaztam, ahogy említettem, ez védi a szerszám porvédő harmonikáját.

A mobillap alja – ahol az alaplemezzel érintkezik – és a függőleges oldalak között $7 \text{ mm} \times 45^\circ$ -os letörést helyeztem el. Ennek a szerepe, hogy ha mégis por kerülne a mobil lap és az alaplemez közé, akkor a lefelé mozgó szerszám a mobil lap kerülete felé „fújja” ki a port, így ezen a 7 mm -es kerületen nem tud feltámaszkodni a szerszám a porra. Ez gyakorlatilag egy biztonsági lépés. A szerszám mobil lapjának alsó felét a *31. képen* láthatjuk.



31. kép A szerszám mobillapjának alsó fele

Mostanra szeretném véglegesen kiválasztani a fészkek elhelyezkedését, ez szükséges lesz a továbbiakban a szerszám alkatrészeinek méretezéséhez. A biztonság kedvéért a nagyobb, 50 mm-es gáttal szeretnék tervezni a fészkek között, az oldalanként 20 mm-es betétléceket is beleszámolva így 90 mm marad a fészkek között. A már meglévő mobil lap modellre egy szerkesztést végeztem el, amin az említett feltételek mellett elhelyeztem a fészkeket. Így a fészkek középpontja közötti távolság 415 mm lesz. Fontos megemlíteni, hogy az elhelyezett 325x650 mm méretű négyzetek nem a fészkek valós méretei, ezek az alsó bélyegek felfekvő (alsó) felületének méretei, a fészkek ennél pár milliméterrel nagyobb (később bemutatásra kerül), ezt az oldalankénti körülbelül 2 mm-t a betétlécekből fogjuk eltávolítani. A szerkesztést a 32. képen láthatjuk. Szintén látható, hogy elhelyeztem a tuskók felfogására 6 darab M12 menettel ellátott zsákfuratot (sárgával jelölve) az erre jellemző módon: a négy sarokban négyet és kettő darabot átlóban.



32. kép A mobil lapon szerkesztett tuskó pozíciók és a tuskók lefogására szolgáló furatok pozíciója (sárgával jelölve)

Ez után már csak pár apróbb feladat maradt a mobil lap tervének a befejezéséhez:

- a porvédő harmonika tartó furatainak elhelyezése,
- a mobil lap egyik oldalán a bélyegfűtés elektromos gyűjtősínjének tartó furatainak elhelyezése,
- a mobil lap másik oldalán az elektromágnes elektromos gyűjtősínjének tartó furatainak elhelyezése.

A porvédő harmonika tartó furatai az alaplemezen is látható módon M6-os menettel ellátott zsákfuratok egymástól 60 mm-re, a sarkokban a lekerekítéshez minél közelebb.

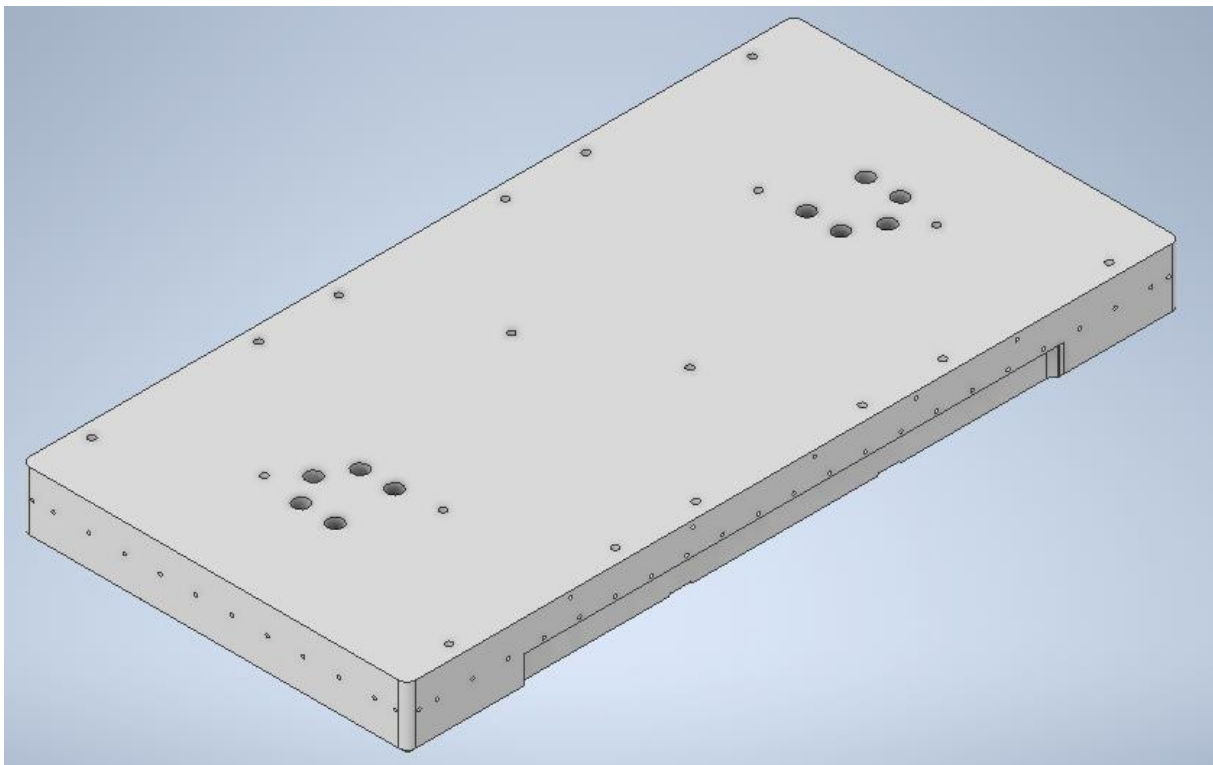
A mobil lap elején egy gyűjtősínt kell felfogatni a bélyegfűtés elektromos tápellátására. A sínt mindig a mobil lapra szokták fogni, hogy az a bélyegekkel együtt mozogjon, a fűtés egyébként a tuskót fogja fűteni a lehető legközelebb az alsó bélyegekhez, elvezetve hozzá a hőt. Mivel az alsó bélyegek cseréje rendszeres (ez adja a burkolólap nemes oldalának felületét), ezért a közvetlen fűtésük nem ajánlott, mivel ez állandó elektromos ki/be csatlakoztatást igényelne a

cserénél és minden bélyeget fűtőszállal kéne ellátni, ami drága lenne, valamint megnövelné a bélyeg vastagságát. A gyűjtősíneket azért a mobil lapra és nem a tuskókra szokták fogatni, mert így a tuskók közötti rés szabadon marad, így közéjük hulló sajtópor kifújatható és takarítható marad. A 3 darab tuskóba egyenként 2 darab fűtőszál lesz elhelyezve, azaz összesen 6 darab fűtőszál lesz sorba kötve. A gyűjtősínek felfogatására 10 mm-re a mobil lap felső felületétől 5 darab M6 menettel ellátott zsákfuratot helyeztem el. A sínnek ebben az esetben 20 mm hely áll rendelkezésre, ami a tapasztalatok alapján biztosan elég lesz.

A mobil lap hátsó oldalán szintén egy gyűjtősínt kell elhelyezni a tuskókban elhelyezett elektromágnesek táplálására. A tuskók elektromágnesének táplálására szintén gyűjtősínt kell felfogni a mobil lap hátsó függőleges oldalára. Erre a célra szintén 5 darab M6 menettel ellátott zsákfuratot készítenék a fűtés sínjének furatkiosztásával.

Az 33. képen láthatjuk a mobil lap függőleges hosszabb oldalán az 5 darab furatot a gyűjtősínek, alatta, a függőleges oldalakon körbe pedig a porvédő harmonika furatait.

A mobil lap terve így késznek tekinthető!



33. kép A kész mobil lap modell felső oldala

3.4.3 A szerszám mágneses tuskóinak megtervezése

Elsőnek szeretném felidézni a mágneses tuskók szerepét a szerszámban: a tuskók olyan távtartókként funkcionálnak a szerszámban, ami a mobil laphoz van rögzítve, tetejére pedig az alsó bélyegek vannak fogatva. Minden egyes fészekhez tartozik egy tuskó. Fontos, hogy be tudnak hatolni a fészkekbe és áthidalják a mobil lap és a keret közötti távolságot. Ma már egyéb funkciókkal is ellátták őket, mint például a fűtés lehetősége és a mágneses bélyegfelfogás lehetősége.

A fentiekből látható, hogy a tuskók méretei döntően fontosok. A hosszuk és szélességük könnyedén kiszámítható: szokás szerint az alsó bélyeg alsó (felfekvő) felületénél 1 mm-el rövidebb oldalhosszúságokkal rendelkeznek. Esetünkben a bélyegek alsó felületének mérete

650x325 mm, tehát a tuskó mérete 649x324 mm lesz. Ennél valamivel több számítást igényel az alkatrész magasságának a kiszámítása. Ehhez tudnunk kell, hogy milyen magas szerszámot szeretnénk készíteni, az alaplemez magasságát, a mobil lap magasságát, az alsó bélyegek magasságát és a préselési ciklus során az alsó bélyeg felső felületének a pozíciót szerszámkeret tetejéhez mérten. A számíthatóhoz a legkézenfekvőbb, ha az alsó bélyeg és a szerszámkeret teteje közötti távolsággal számolunk az alsó pozícióban, amikor a préselés történik és a mobil lap az alaplemezen fekszik.

Először is határozzuk meg a szerszám magasságát. Ehhez szükségünk lesz a sajtógép asztalának a magasságára, ami a gépkönyv [7] alapján 700 mm (éréssel igazolva), valamint a töltőkocsi és a prés utáni kihordó asztal magasságára. A töltőkocsi és a kihordó asztal magassága állítható, de az után állítás sok munkát igényel, főleg a kihordó asztal tekintetében, ami után egy sor szállítópálya magasságát is át kellene állítani. Hogy drasztikusan csökkentjük az átállási időt a formátumok között a jelenleg beállított magassághoz tervezzük a szerszámunkat, ami 1040 mm. A szerszám magassága a következőképpen alakul:

$$h_{szerszám} = h_{töltés} - h_{préaszta} = 1040 - 700 = 340 \text{ [mm]}$$

ahol:

- $h_{szerszám}$ a készítendő szerszám magassága [mm]
- $h_{töltés}$ a töltőkocsi asztalának (és egyben a kihordó asztalának) a földtől mért magassága [mm]
- $h_{préaszta}$ a prés gép asztalának a földtől mért magassága [mm]

A tuskók magasságának meghatározásához már csak az alsó bélyeg és a szerszámkeret tetejének a távolsága hiányzik. Ez a távolság olyan technológiai paraméter, ami függ a gyártott termék típusától, az alapanyagától és a lap vastagságától. A mi esetünkben ez a méret (valamint a formaadó alkatrészek összes mérete) már adott, ugyanis a többi gépen használatos méretekkel érdemes a szerszámot tervezni. Ezek a geometriák már sok évnyi gyártásban bizonyítottak és nem utolsó sorban így ugyan annál a formátumnál az összes gépen használhatjuk ugyan azokat a bélyegeket, ami hatalmas anyagi és logisztikai előnyökkel jár. Az említett magasság jelenleg 19 mm, ez esetben is ezzel fogok számolni.

A szerszám magassága így a következőkből tevődik össze:

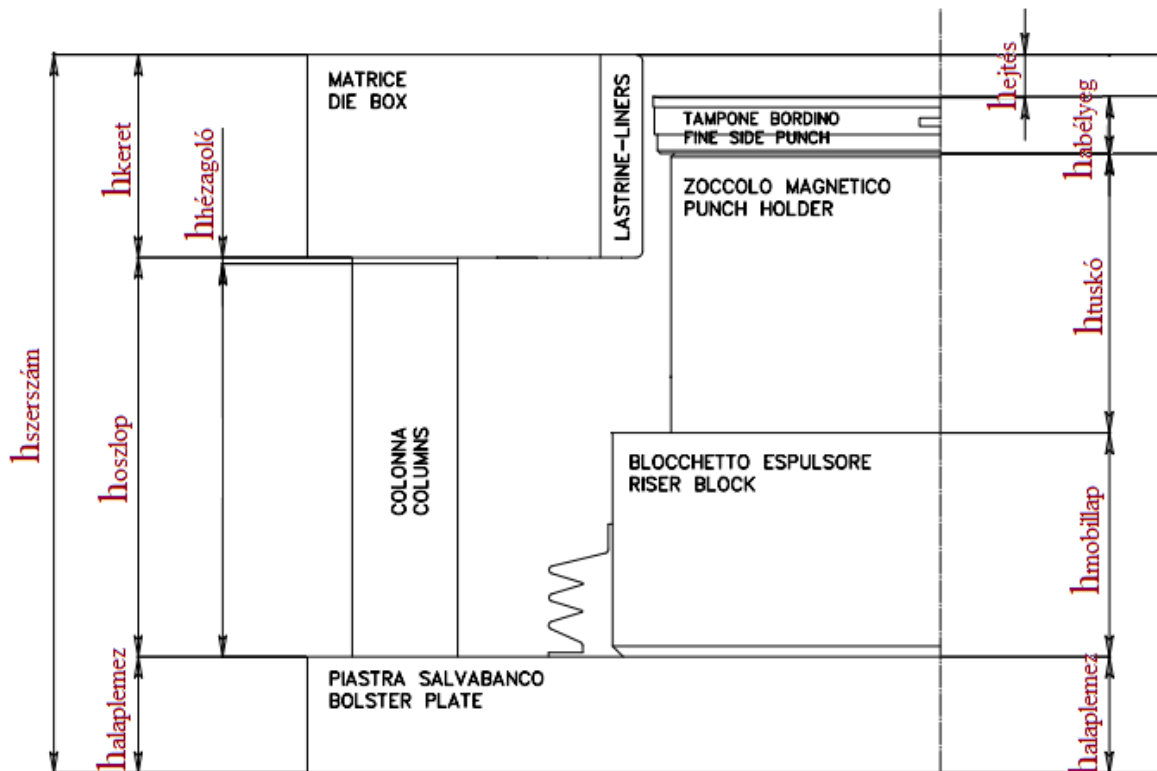
$$h_{szerszám} = h_{alaplemez} + h_{mobillap} + h_{tuskó} + h_{abélyeg} + h_{ejtés}$$

ahol:

- $h_{alaplemez}$ az alaplemez magassága [mm]
- $h_{mobillap}$ a mobil lap magassága [mm]
- $h_{tuskó}$ a tuskók magassága [mm]
- $h_{abélyeg}$ az alsó bélyegek magassága [mm]
- $h_{ejtés}$ az alsó bélyeg és a szerszámkeret teteje közötti távolság a préselés során [mm]

Mivel a tuskók magasságát szeretnénk kiszámítani és az összes többi paraméter számunkra ismert, így az egyenlet átrendezve:

$$\begin{aligned} h_{tuskó} &= h_{szerszám} - h_{alaplemez} - h_{mobillap} - h_{abélyeg} - h_{ejtés} \\ &= 340 - 55 - 106 - 27 - 19,7 = 133,7 \text{ [mm]} \end{aligned}$$



34. ábra Sajtószerszám sematikus rajza az alkatrészek magasságának jelölésével

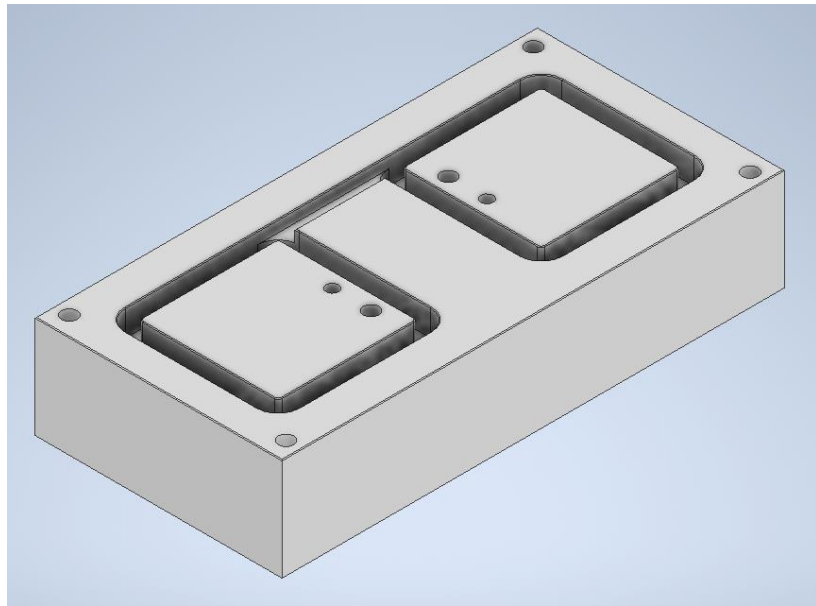
Tehát a mágneses tuskók magassága 133,7 mm lesz, így az alkatrész befoglaló méretei 649x324x133,7 mm. A szerszám sematikus oldalnézeti rajzát és az alkatrészek magasságának jelölését a 34. ábrán láthatjuk.

Miután a tuskók méreteit meghatároztam, elhelyeztem rajta a felfogatáshoz szükséges furatokat. Itt a mobil lapon előkészített menetes zsákfuratoknak megfelelően helyeztem el a 6 db M12 ISO 4762 belső kulcsnyílású csavaroknak a lépcsős furatokat [12]. A tuskók hosszanti középvonalaiban elhelyeztem 2 darab M12 menetes furatot a szerelés folyamán a tuskók könnyebb mozgatásához, ide lehet igény esetén emelőszemeket rögzíteni.

A következő lépésben a tuskón elhelyeztem az elektromágnesek tekercseinek a helyét. A tekercsek egy mart zsebben szoktak elhelyezkedni a mágneses tuskók felső felületén, azon a felületen, ahol a bélyegek is felfekszenek. Régebben a bélyegeket csavarral rögzítették, de mostanra ez a megoldás gyakorlatilag eltűnt a következő okokból:

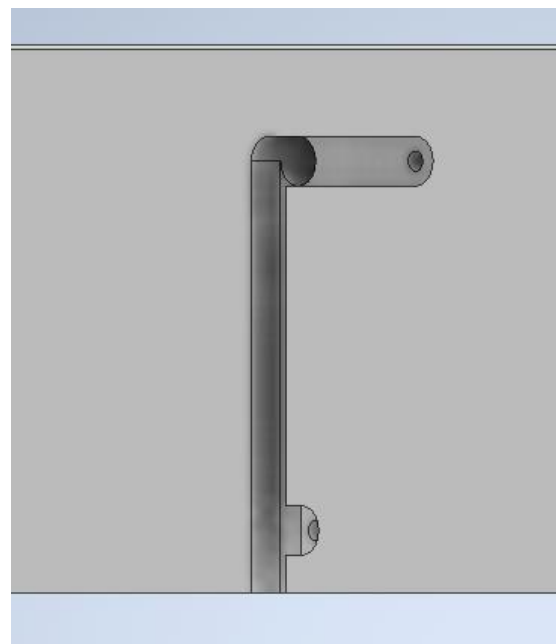
- a mágneses lefogással a bélyegek cseréje, így a termékváltás is jóval gyorsabb és egyszerűbb,
- jobb központosítást tesz lehetővé,
- a mágnesek az egész felületet rögzítik, így kisebb eséllyel jut sajtópor a tuskó és a bélyeg közé, ami károsíthatná a két alkatrészt és minőségi problémákat okozhatna,
- a mai bélyegeket olyan fejlesztésekkel látták el a minőség javítása érdekében, ami nem teszi lehetővé a csavarral történő lefogást, ilyen fejlesztés például a gumírozott formaadó felület és az „izosztatikus” (hidraulikus) kialakítás a felső bélyegtek tekintetében.

A tekercselést egy partner cégünk szokta elvégezni. A javaslatuk az volt, hogy két darab négyzet alakú tekercset helyezzünk el a tuskókban, így raktárról is tudtak ajánlani megfelelő teljesítményű elektromágneseket. A megadott méretek alapján elkészítettem a mágneseknek a fészkeket amint a 35. képen is láthatjuk. A két fészek összekötésére egy hornyot terveztem, ahogy az szokás szerint lenni szokott. A tekercs méreteihez képest minden irányban 2 mm távolságot hagytam el. Miután a tekercseket elhelyezik a fészekben, műgyantával szokták kiönteni, ezt is vállalta az említett partnercég.



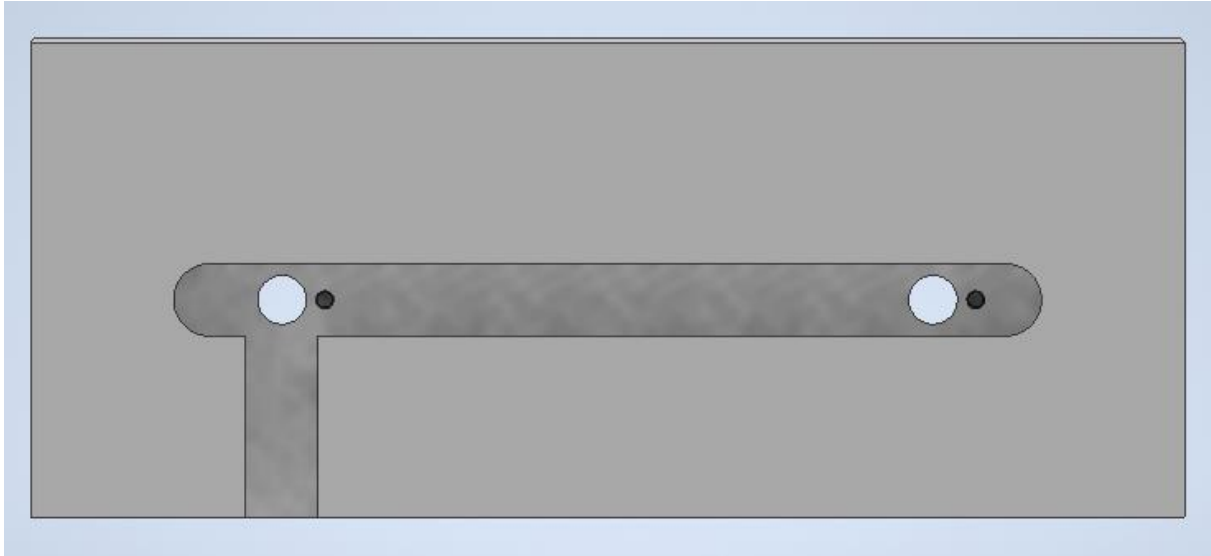
35. kép A mágnes tuskó modellje a kialakított fészkekkel a mágnesek tekercseinek

A mágnes tekercsek számára ezen kívül ki kellett alakítani egy furatot a tuskón, ahol a vezetékük kiléphetnek az alkatrészből, ez általában a szerszám hátsó oldalán szokott helyet kapni. Nagyon fontos, hogy a tuskó oldalán csak úgy lehet vezetéket vinni, hogy azok nem lóghatnak ki a tuskófüggőleges síkjából. Ennek az oka, hogy gyakran a bélyegeket kiemelik a szerszámkeret síkja felé, hogy szemrevételezzék vagy megtisztítsák a bélyegek „élét”, vagy esetleg a bélyegcserekor is segítséget nyújthat az eljárás. Ilyenkor a tuskó mélyen behatol a fészkekbe, így nem engedhető meg, hogy kiálló alkatrészek legyenek az oldalain. A vezetéknek ennek megfelelően hornyot alakítottam a szerszámba, valamint elláttam a kábel rögzítéséhez szükséges süllyesztett furattal és egy testelés csatlakozási pontjának is helyett kellett kapnia, amint a 36. képen láthatjuk.



36. kép Az elektromágnesek vezetékének kialakított horny és furat

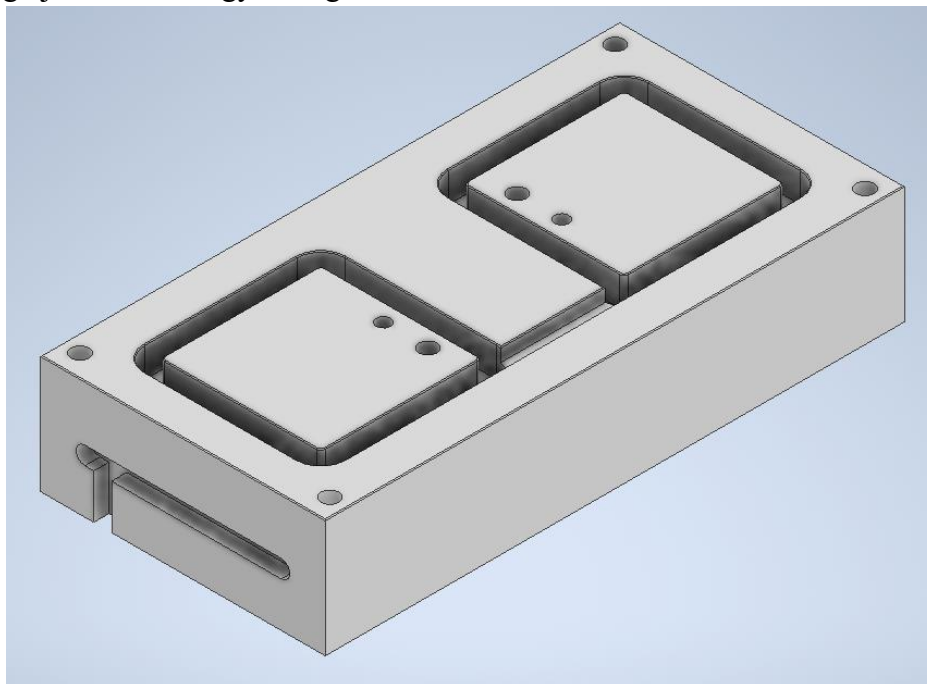
Ez után az alsó bélyegek fűtését kellett megoldani. A fűtés főként arra szolgál, hogy az illesztéseket finom hangolni lehessen, valamint megelőzi a sajtópor feltapadásokat a szerszámba és a bélyegekre. Amint már említettem a bélyegeket nem lehet közvetlenül fűteni, ezért ezt a tuskókon keresztül szokás megoldani. A fűtőbetéteket, amiket a szerszámokhoz használunk szintén kereskedelmi forgalomban kaphatóak, teljesítményük 600 W. Ezek a kerámia fűtőbetétek 13,4 mm-es átmérővel rendelkeznek, hosszuk igény szerint kérhető a beszállítótól. A fűtőbetétek számára 2 darab hosszanti átmenő furatot helyeztem el a tuskókon 13,5 mm



37. kép A fűtőbetéteknek kialakított furat és horony a mágnestuskón

átmérővel. A fűtőbetétek vezetékének a számára – szintúgy, mint az elektromágnesek vezetékének – hornyokat hoztam létre, amiben helyet kaptak a fűtőbetétek rögzítésére szolgáló menetes zsákfuratok is. Mivel a tuskó hossza 649 mm, ebbe pedig 17 mm mély horonyban helyezkednek el a fűtőbetétek, így 632 mm hosszú betéteket tudnánk alkalmazni, ezt 630 mm-re kerekítettem le. A fűtés a szerszám elejére szokott kerülni, ugyanis itt jobban hozzáférhető. Sajnos a fűtőbetétekkel gyakoribb a probléma, mint a mágnesekkel (hajlamosak törni), így előnyös, hogy könnyebben cserélhetők. A fűtésnek kialakított átmenő furatok és a kialakított hornyot a 37. képen láthatjuk.

Végül a tuskókon egy hőelemnek a helyét kellett elhelyezni. Ehhez egy $\varnothing 5 \times 30$ zsákfuratra van szükség, aminek az eleje 12 mm hosszon M6 menettel rendelkezik és 10 mm mélyen a szerszámba van süllyesztve. A hőelem a fűtésről ad visszacsatolást, így a sajtógép vezérlése ki-be kapcsolhatja a fűtést, hogy a megfelelő keretek között tartsa az alkatrészek hőmérsékletét.

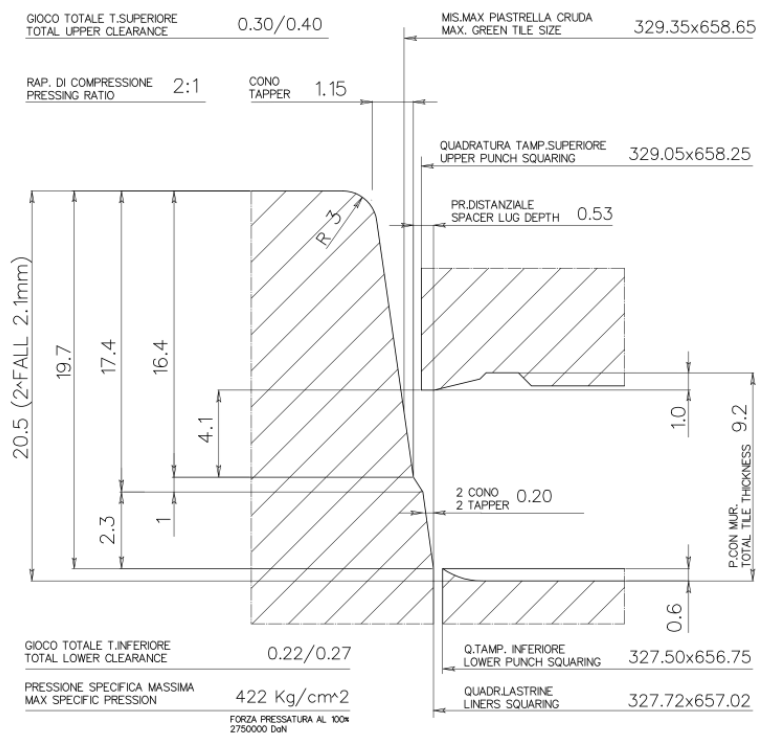


38. kép A kész mágnestuskó modell axonometrikus képe

A sajtógép csak egy hőelemet tud befogadni a bélyegektől, így csak egy tuskó hőmérséklete van figyelve, ennek a tuskónak a hőmérséklete alapján van fűtve az összes többi is. A hőelem helyét is csak egy mágnes tuskón helyeztem el. A mágnes tuskó végleges modelljét a 38. képen láthatjuk.

3.4.4 A szerszámkeret megtervezése

A tuskók tervezése után már csak egyetlen főbb alkatrész maradt hátra, a szerszámkeret. A szerszámkeret a szerszám kritikus része: itt történik a formaadás és ez az alkatrész van a legnagyobb koptató igénybevételnek kitéve. A keret szintén DIN CK45 anyagminőségéből [8] készül, általában az előgyártmány 100 mm-es lemez, oldalanként 2-2 mm-t hagytam a megmunkálásra, így az általam tervezett szerszámkeret magassága 96 mm lesz. A szélesség tekintetében korábban kiszámoltuk, hogy a fészkek ilyen formájú elrendezése mellett egészen keskeny lehetne a szerszámkeret, de a portöltés miatt ez nem megoldható (és nem is szükséges). Mivel a töltőkocsi a szerszámkeret szélein „úszik” és úgy tervezték, hogy minél szélesebb szerszámot tudjon betölteni, ezért a szerszámkeretnek is szélesnek kell lennie. Általában a szerszámkeretet az oszloptávolságnál 10-20 mm-el kisebbre szokták hagyni, én a 20 mm-el szeretném kisebbre készíteni, így könnyebb a szerszámcsere. A szerszámkeret szélessége így 1730 mm lesz. A hosszúsága a PH2890-es sajtógépen 700 és 950 mm között mozoghat [11]. Ahhoz, hogy biztonsággal fel tudjam venni a keret hosszát, először szeretném elhelyezni egymáshoz képest a fészkeket és méretezni azokat. A méretezéshez a betétlécek rajza és a gyártott formátum méretei lesznek a segítségemre. Ahogy korábban említettem a betétlécek profilja vállalatonként, termékenként és alapanyagokként változik, hogy megtarthassuk az eddig használt bélyeg garnitúrát továbbra is ezt a jól bevált geometriát veszem alapul. A betétlécek rajzát a 39. ábrán láthatjuk.



39. ábra A jelenleg használt betétléc profil, a fészkek és a bélyegek méretei

Amint a 39. ábrán látható a betétléc legvastagabb részénél a fészek 327,72x657,2 mm. Mivel 20 mm vastag előgyártmányból szoktak kiindulni, a köszörülési ráhagyásnak 1-1 mm-t hagytam el oldalanként, ezért 18 mm vastag betétléccel tervezek (a legvastagabb részen). Ha a 18 mm-t oldalanként hozzáadjuk a fészek legszűkebb részéhez, akkor a szerszámkeretbe mart zseb szélessége:

$$L_{AK1} = L_{A1min} + 2 * s_b = 327,72 + 2 * 18 = 363,72 [mm]$$

ahol:

- L_{AK1} a fészek szerszámkeretbe mart rövid oldala [mm]
- L_{A1min} a fészek rövid oldalának legszűkebb mérete [mm]
- s_b a betétléc szélessége [mm]

A keretbe mart zseb hosszúsága pedig a következőképpen alakul:

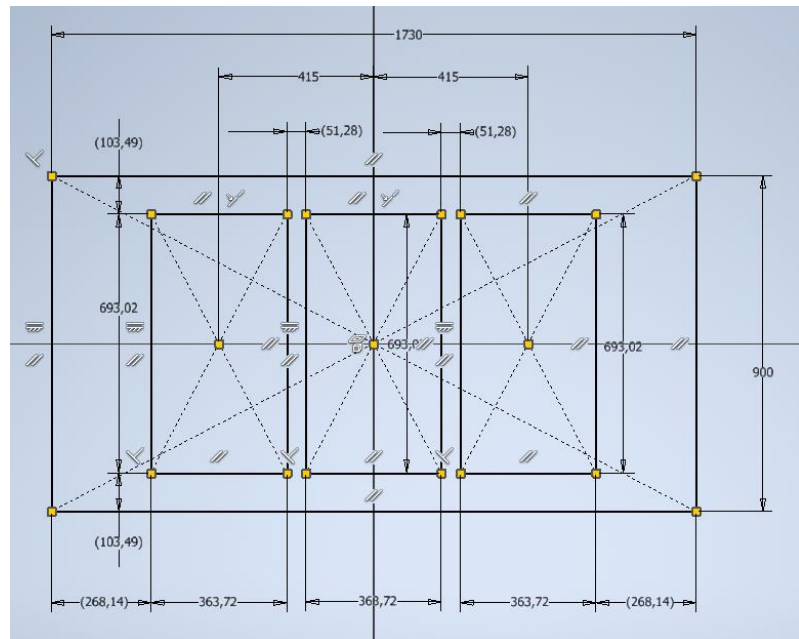
$$L_{AK2} = L_{A2min} + 2 * s_b = 657,02 + 2 * 18 = 693,02 [mm]$$

ahol:

- L_{AK2} a fészek szerszámkeretbe mart hosszú oldala [mm]
- L_{A2min} a fészek hosszú oldalának legszűkebb mérete [mm]
- s_b a betétléc szélessége [mm]

Tehát a szerszámkeretbe mart zseb a fészkek számára 363,72x693,02 mm lesz.

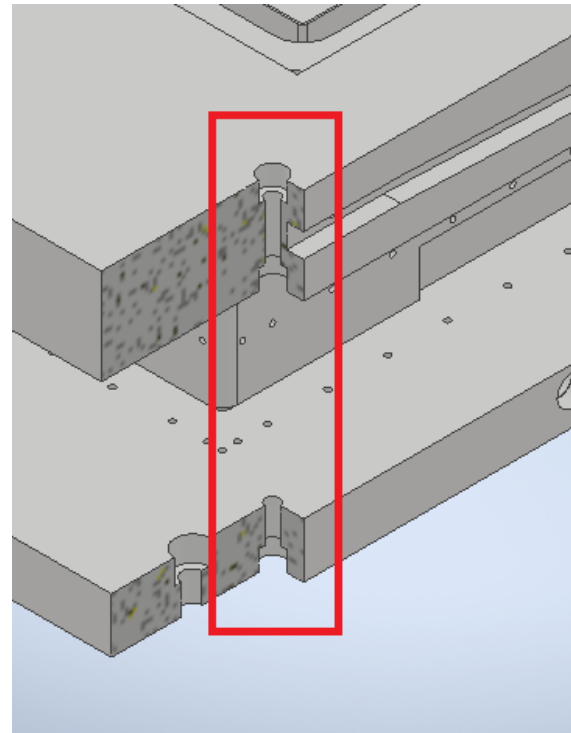
Ezennel meg is határozhatjuk a szerszámkeret főbb méreteit, ehhez egy szerkesztést végeztem a modellező program segítségével. A szerkesztést a 40. képen láthatjuk. Végül 900 mm hosszú szerszámkeretet terveztem, ez éppen olyan hosszú, mint az alaplemez, látható, hogy oldalanként így is több, mint 100 mm vastagság marad hosszirányban a fészkek előtt és után, ami bőven elegendő a keret merevségéhez. Ezt a későbbiekben végesem modellezéssel is ellenőrizni fogom (3.5.2 fejezet).



40. kép A szerszámkeret felülnézetének szerkesztett méretei a modellező programban

Miután a szerszámkeret befoglaló méreteit és a fészkek méreteit és pozícióját meghatároztam, elhelyeztem a szerszámkereten azokat az átmenő lépcsős furatokat, amelyeken keresztül a keret az oszlopokhoz, az oszlopokon keresztül pedig az alaplemezhez lesz rögzítve. A furatok

pozíciójához összeállítást készítettem a szerszám meglévő alkatrészeivel, majd a furatpozíciókat egyszerűen átmásoltam az alaplemez modelljéről. Az oszlopokba menő csavarok itt is M14 ISO 4762 belső kulcsnyílású csavarok lesznek, a fejük a keret síkja alá lesz rögzítve [12]. A süllyesztés a fejek számára a keret mindkét oldalán megtalálható lesz amint azt a 41. képen is láthatjuk. Ennek oka, hogy amint a 2.4 fejezetben említettem, van lehetőség olyan keretek készítésére, amelyeknek mindkét vízszintes oldala úgy van kialakítva, hogy alulra és felülre is kerülhessen. Ebben az esetben a betétlécek vízszintesen szimmetrikusak, azaz két működő felület is ki van munkálva rajtuk. Ennek az előnye, hogy ha az egyik működő felület megéri a felújításra, a szerszámot elég „csak” kiszerelni a gépből és a saját karbantartó műhelyünkben némi szerelés árán megfordítani vízszintes síkban a szerszámkeretet, így újabb 300-500 ezer ciklus erejéig használható a szerszám. Sajnos a komolyabb szerszámfelújítást (szerszámkeret síkba köszörülése, betétléceken profiljának újra köszörülése, betétlécek újbóli beállítása) a cégen belül nem megoldható, így ilyen esetben sokszor hetekre nélkülözni kell a szerszámot és a felújítási költségek is jelentősök. Ez okból előszeretettel használunk fordítható keretű szerszámot, ebben az esetben is élni fogok a lehetőséggel.



41. kép A szerszámkeret rögzítésére szolgáló két oldalról lépcsős furat

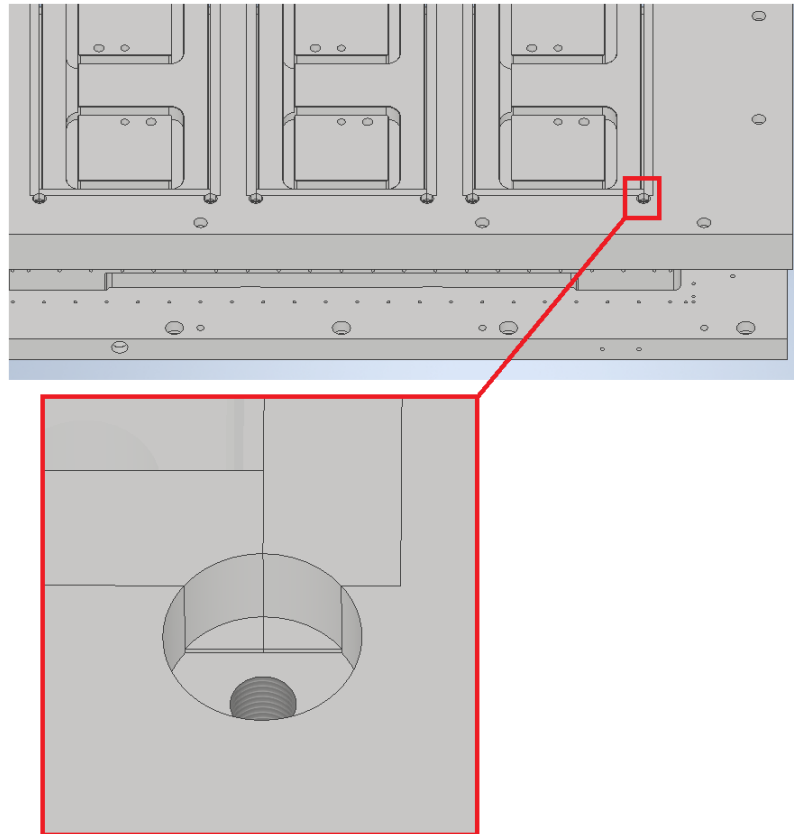
Ahogy a 2.4-es fejezetben a betétléceknél említettem két féle betétléc különböztethető meg felépítés szempontjából: betét készülhet egy darabból, ilyenkor a szerszámkereten egy lépcsős zsebbe illeszkedik a betét, ellenkező esetben készülhetnek oldalanként egy „lécből”, amit a zseb függőleges oldalaira csavaroznak fel. Az esetünkben a betétléceket oldalanként fogják felcsavarozni. Ebben az esetben vannak hosszú betétlécek, amiknek az oldala a szerszámkeretig ér és a rövid betétlécek, amiknek az oldala a hosszú betétlécig ér. A gyakorlatban a fészek hosszabb oldalaira szokás szerelni a hosszú betétléceket, míg a rövidebbre a rövid betétléceket.

A szerszámkeretbe munkált zsebek függőleges oldalain ez után elhelyeztem a betétlécek felfogatásához szükséges furatokat. A fészek hosszú oldalain 7 darab, a rövid oldalain pedig 3 darab M8-as menettel ellátott zsákfuratot helyeztem el egymástól 100 mm távolságra. A betétlécek felfogására a csavarok szintén ISO 4762 belső kulcsnyílású csavarok, a betétlécebe olyan lépcsős furat készül majd, amibe a csavarok feje süllyesztve lesz [12]. Mivel a betétlécek pontos beállítása a szerszámkerethez képest döntő fontosságú, a csavarok 8 mm átmérőjű szárának 10 mm átmérőjű furat készül, hogy a betétlécek pontos beállítására lehetőség legyen. A pontos beállításhoz az összeszerelés során olyan lépcsős furatot szoktak a fészek minden sarkában elhelyezni, amelyen egy finommenettel (esetünkben M10x1,25) rendelkező furat a szerszámkereten található, viszont a körülötte lévő zsebet nem csak a szerszámkeret, de mindkét

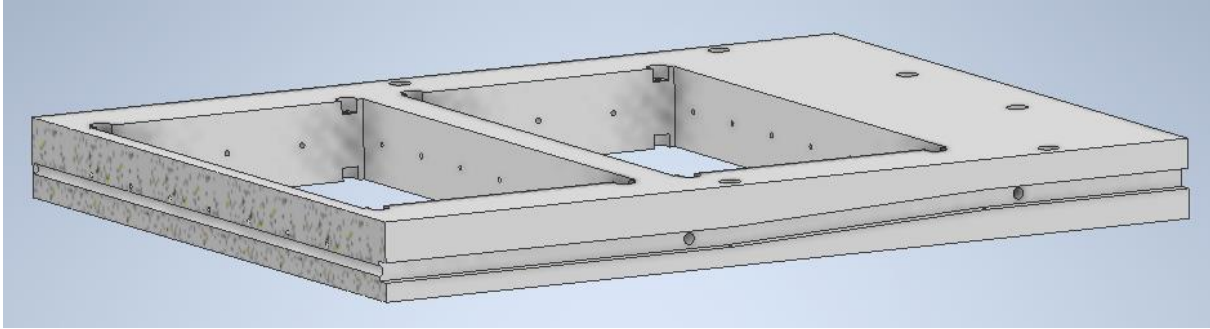
betétléc is tartalmazza. A zseb betétlécekbe munkált része 1mm-el sekélyebb, mint a keretben lévő rész, így egy csavar (és egy leszorító hüvely) segítségével a keret alsó és felső oldalán is tudjuk 1mm-es tartományban emelni a betétléceket, miután az a szerszámkeret síkjába került rögzítjük a pozíciót a függőleges oldalon lévő csavarokkal. Az előbb bemutatott furatok egyikét a 42. képen láthatjuk.

Ezek után elhelyeztem a fűtőbetétek furatait. A keret a szerszámnak a másik alkatrésze, amin fűtést alkalmazunk (a harmadik és egyben utolsó nem a szerszám része, a felső bélyegek és a sajtógép traverze között lévő nyomólap). A keret fűtése

lapos fűtőbetétekkel és fűtőpatronnal is megoldható. A lapos fűtőelemek a szerszámkeret aljára vannak felcsavarozva, míg a fűtőpatron a furatokban helyezkedik el, csakúgy, mint a tuskók esetében. A lapos fűtőbetétek alkalmazása egyszerűbb és olcsóbb, de ma már ritkábban alkalmazzák, ugyanis a hatásfoka rosszabb és forgatható szerszámkeret esetén plusz munka átszerelni a fűtést a szerszám addigi aljáról az új alsó felére. A tervezés során én is a modernebb fűtőpatronos megoldást alkalmaztam. A fűtőpatronokat a szerszámkereten hosszában helyeztem el, összesen 4 darabot: 1-1 került a fészkek közötti gátba és 1-1 a szélső fészkek külső oldalai mellé. A fűtőpatronok hasznos hossza 850 mm lesz, teljesítményük egyenként 800 W. A betéteket itt is a szerszám elejéről szerelik majd a keretbe, így fűtési probléma esetén könnyen megvizsgálhatók az elektromos csatlakozások, vagy akár a betétek is. A fűtőpatronok furatait ebben az esetben is egy 17 mm mély horonyból indítottam, hogy a patronok felfogatása és elektromos csatlakozása ne lógjon ki a szerszámkeret síkjából, így védve azt a külső mechanikai behatásoktól. A szerszámkeret és a rajta elhelyezett 3 darab furat a 43. képen látható, az egyik furatról metszetet készítettem. A metszeten is látszik, hogy a fészkek közötti gáton a betétlécek rögzítésére szánt furatok „útban vannak” a fűtőpatronoknak, ha azokat a keret vastagságának a felénél szeretnénk elhelyezni. Az egyenletes felfűtés a szerszámkeret két vízszintes oldala között természetesen akkor lenne az ideális, ha a fűtőpatronok középen helyezkednének el, ezért a szélső patronokat így alakítottam ki. A két középsőnél kénytelen voltam a 96 mm vastag keret esetén az egyik síktól 35 mm-re elhelyezni a patronok furatainak furatközepét, így közel 5 mm hely marad a betétlécek és a fűtés furatai között. A kereten, hogy



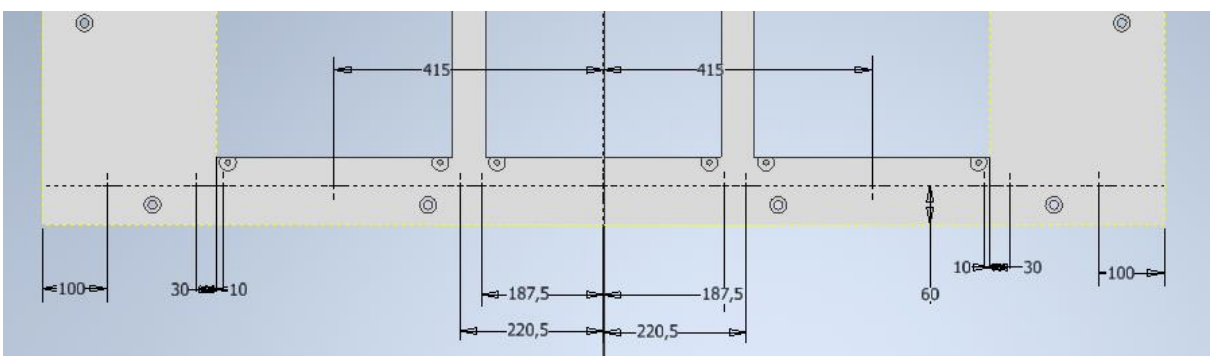
42. kép A szerszámkeretbe és betétlécekbe munkált fészkek és menetes furat a lécek szintezésére



43. kép A szerszámkeretbe munkált furatok a fűtőbetétek részére és az elektromos vezetékeiknek hornyja

a fűtés alkatrészeit még jobban védjük, egy lemezt is szeretnék majd elhelyezni, ami takarja a keret azon függőleges oldalát, ahonnan a patronokat beszerelik.

A szerszámkereten ez után egy utolsó feladat maradt: elhelyezni a furatokat a szerszám kifúvatásának a felfogatására. A kifúvatás azért nagyon fontos, mert a sajtópor folyamatos működés mellett felhalmozódna a mágnes-tuskók között a mobil lapon. Ha túlzott mennyiségű sajtópor halmozódik fel, az képes feltámasztani a szerszámkereten, így a hidraulika nem képes kiemelni a bélyegeket. Erre célra minden préselési ciklus során rövid időre sűrített levegőt engednek a tuskók között és mellett egy oldalról (jellemzően előlről), hogy az kifújja a ciklus során behullott port. A sajtógépnek megvan erre a célra a megfelelő levegő kimenete, amin egy szolenoid szelep nyitásával minden ciklusban elvégzi a tisztítást. Én a szerszám tervezése során az egyszerűbb kifúvatást választottam: flexibilis levegőcsövekből és gyorscsatlakozókból, valamint idomokból kell felépíteni a vezeték a kifúvatás számára, majd a csőhálózatot bilincsekkel rögzíteni kell a szerszám aljára. Ebben az esetben csak a bilincseknek szánt furatokat kellett elhelyeznem. A furatokat úgy helyeztem el, hogy ahol levegő kifúvatási pont van, két oldalról közel a kifúvatáshoz extra bilincseknek készítettem helyet, hogy a fűvaskor fellépő ellenérőt felvegyék és a csövet a helyén tartsák. Mivel a fűvátás a szerszámkeret alján van és a szerszámkeret forgatható, így mindkét oldalon elhelyeztem a szükséges menetes furatokat, az aktuális felső oldalon vakdugókat szokás a menetes furatokba csavarni, hogy azok ne teljenek meg sajtóporral. A furatok elhelyezkedését a 44. képen láthatjuk a modellezés szerkesztés fázisában.



44. kép A szerszám kifúvatás csővezeték tartó csavarjainak pozíciója a szerszámkereten

Az utolsó megtervezendő alkatrésze a szerszámnak az oszlopok lesznek. Ehhez a 3.4.3 fejezet 34. képe alapján szükségünk lesz a szerszám magasságára, az alaplemez magasságára és a szerszámkeret magasságára. A keret és az alaplemez közötti távolságot nem teljes egészében az oszlopok szokták áthidalni, a gyakorlatban 3 mm hézagoló lapot is be szoktak helyezni az oszlopok és a keret közé. Ennek a célja, hogy igény esetén csökkenthető legyen a szerszámkeret magassága (pl. karbantartás alkalmával síkba köszörülnek a tuskókat, mobil lapot stb.), plusz

hézagoló lapokkal természetesen növelhető is a keret magassága. Az szerszám magassága az oszlopok felől közelítve a következőkből tevődik össze amint az az 34. képen is látható (3.4.3 fejezet):

$$h_{szerszám} = h_{alaplemez} + h_{oszlop} + h_{keret}$$

ahol:

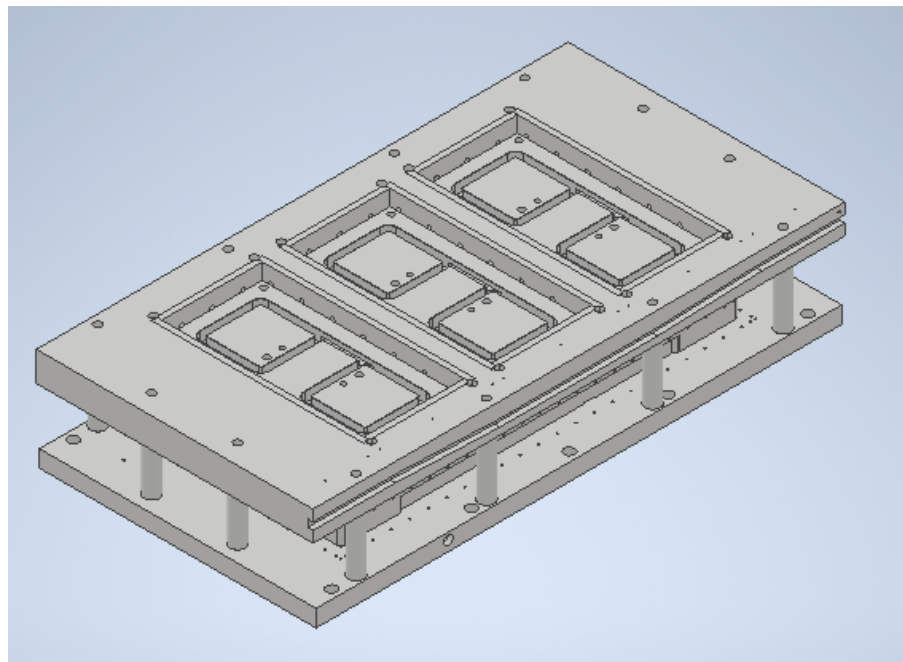
- $h_{szerszám}$ a szerszám magassága [mm]
- h_{oszlop} a szerszám oszlopainak magassága [mm]
- h_{keret} a szerszám keretjének a magassága [mm]

Az oszlopok magasságára átrendezve az egyenletet:

$$h_{oszlop} = h_{szerszám} - h_{alaplemez} - h_{keret} = 340 - 55 - 96 = 189 \text{ [mm]}$$

Tehát a keret megfelelő magasságba építéséhez 189 mm-t kell áthidalnunk. Amint említettem az oszlopok magassága ennél 3 mm-el rövidebb lesz, tehát 186 mm, a maradék 3 mm-re 1 darab 2 mm-es és 1 darab 1 mm-es hézagoló lap kerül majd. Az oszlopok előgyártmánya $\varnothing 50$ mm-es húzott DIN CK45 rúdanyag lesz, mindkét homlokfelületén középpontosan 1 darab M14 menetes furat lesz kialakítva.

A szerszám konstrukciója ezennel el is készült, a végleges modelltől készült metszeti és izometrikus nézeti képeket a 45. és 46. képen láthatjuk.



45. A végleges szerszám modelljének axonometrikus képe



46. kép A végleges szerszámmodell metszeti képe

3.5 Szerszám szilárdsági ellenőrzése

Mivel a szerszámot akár 27500 kN erő is terhelheti a sajtolás során, természetesen mindenképp szeretném elvégezni annak szilárdsági ellenőrzését. Erre a célra az Autodesk Inventor Professional 2020 szoftver végeelem modulját fogom használni. A szilárdsági ellenőrzéshez először tisztáznunk kell az általunk választott anyagminőség jellemzőit, különösen az anyag folyáshatára lesz érdekes számomra. A sajtógép maximális terhelésénél $i=1,8$ biztonsági tényezővel szeretném ellenőrizni a konstrukciót. A tervező szoftver amerikai fejlesztésű, ezért anyagminőségnek az AISI 1045 számú acélt választottam, ami az USA szabványa szerint a német DIN CK45 acélminőségnek felel meg. Az anyagminőség mechanikai jellemzői az 4. táblázatban láthatóak [13].

4. táblázat A AISI 1045/DIN CK45 anyagminőség mechanikai jellemzői [13]

Mechanical Properties	Metric
Hardness, Brinell	170
Hardness, Knoop	191
Hardness, Rockwell B	86
Hardness, Vickers	178
Tensile Strength, Ultimate	585 MPa
Tensile Strength, Yield	505 MPa
Elongation at Break	12 %
Reduction of Area	45 %
Modulus of Elasticity	206 GPa
Bulk Modulus	163 GPa
Poissons Ratio	0.29
Machinability	65 %
Shear Modulus	80.0 GPa

A 4. táblázat forrását az Autodesk anyagkönyvtára is használja, az általunk választott acélminőség folyáshatára 505 MPa az adatbázis alapján [13]. Mivel minden egyedi alkatrészt ebből az anyagminőségből terveztem, kiszámolok egy megengedett feszültséget, ha a végeelem modellezés során nem kapunk ennél nagyobb értéket, a szerszámot megfelelőnek tekintem szilárdságilag is. A megengedett feszültség:

$$\sigma_{meg} \frac{\sigma_e}{i} = \frac{505}{1,8} = 280,555 \text{ [MPa]}$$

ahol:

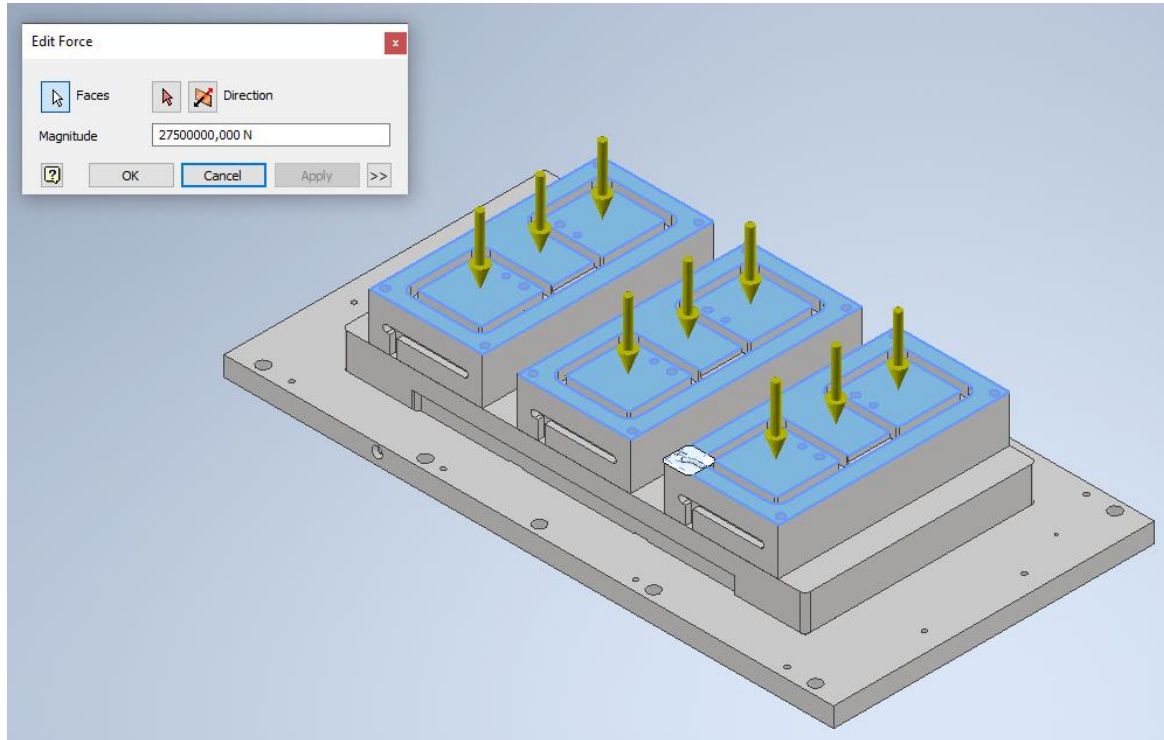
- σ_{meg} a megengedett feszültség [MPa]
- σ_e az anyagminőségre jellemző folyáshatár [MPa]
- i az általam választott biztonsági tényező

3.5.1 Tuskók, mobil lap és alaplemez szilárdsági ellenőrzése

A szerszám egyes alkatrészeinek a sajtolás során el kell viselniük a teljes sajtóerőt és továbbítaniuk azt a sajtógép vázába. A burkolólap gyártó szerszámokat - amint az a 2.1-es fejezetben olvasható – úgy tervezték, hogy a sajtolás során azok az alkatrészei a szerszámnak, amelyek a sajtolásból származó erőt felveszik, a sajtógép padjára fekszenek fel. Ebből az következik, hogy ezek az alkatrészek csak nyomásnak vannak kitéve, csak nyomásra fogom méretezni őket. Ezek az alkatrészek a szerszám tetejétől lefele haladva a következők:

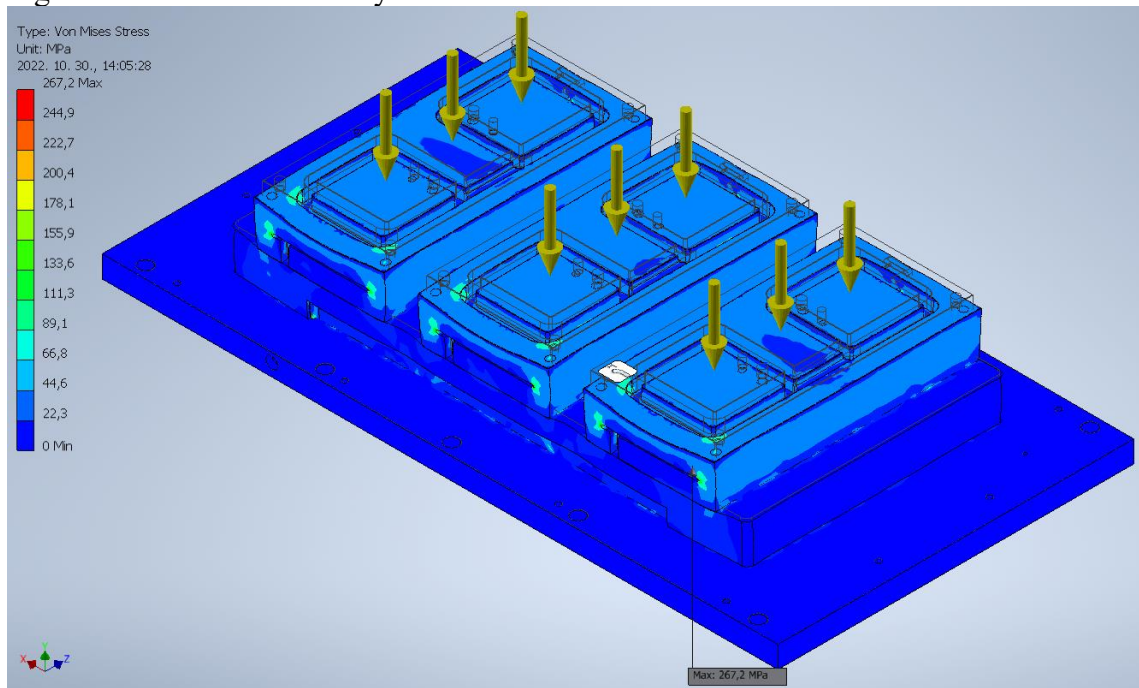
- tuskók
- mobil lap
- alaplemez

A végeelem modellezés lefuttatásához egy külön modellt hoztam létre csak ezekkel az alkatrészekkel, így az eredmény látványosabb lesz és jobb minőségben elvégezhető a számítás számítógép számolási kapacitása miatt. A végeelem modellben a terhelést 27500000 N-nak adtam meg, ami megfelel a 2.3 fejezetben bemutatott sajtógép maximális sajtolóerejének. Az erő a tuskókat a 47. képen kékkel kiemelt területen fogja terhelni, ahogy azt a valóságban is tenni fogja.



47. kép A végeelem modellben a terhelés helye és mértéke

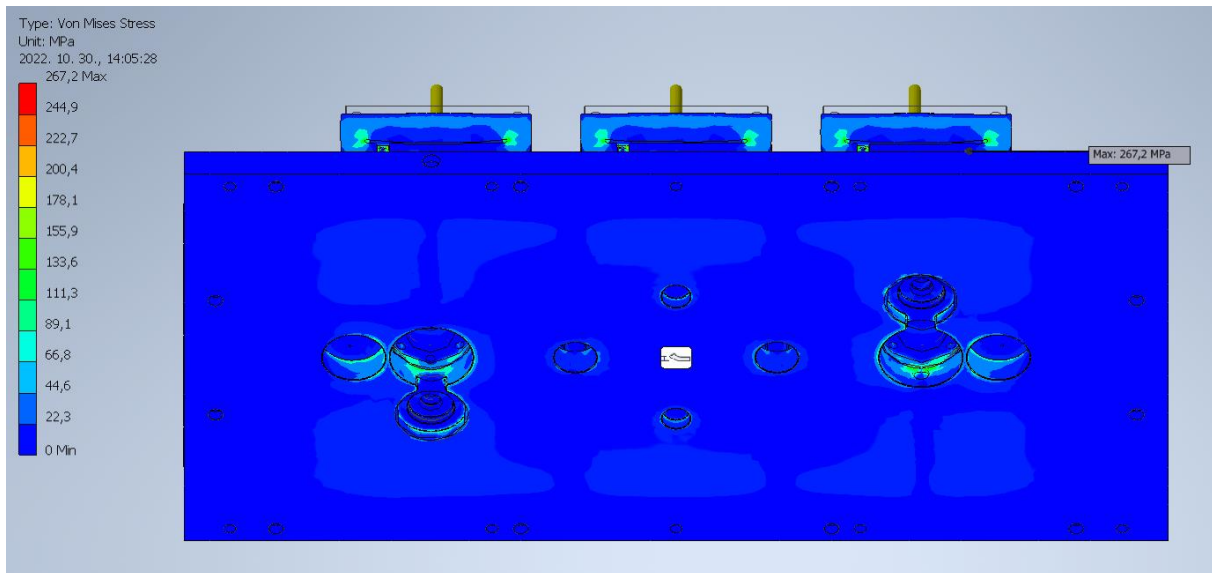
A végeelem számítás eredménye a következő lett:



48. kép A sajtóerőből származó feszültségek alakulása a szerszámban

Az 48. képen jól látható, hogy az alkatrészekben ébredő feszültség döntően nagyon alacsony, köszönhetően a robosztus kivitelnek.

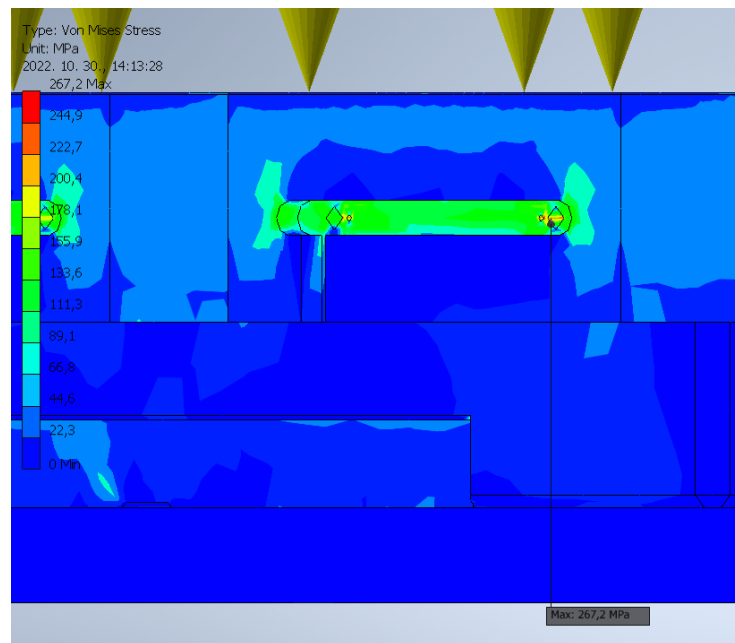
Az alaplemez tömör, 55 mm vastag részein nem ébred említésre méltó feszültség, egyedül a szerszám alján található csatlakozási pontokban láthatunk nagyobb értékeket. A modellen látszik, hogy az SPE csatlakozási pontjainak kialakított zsebek feszültséggyűjtő sarkaiban megnő ugyan a feszültség, de a színskála alapján itt sem haladja meg a 133,6 MPa értéket - amint a 49. képen láthatjuk - ami jóval elmarad a megengedett 280,555 MPa értéknél.



49. kép A feszültségek alakulása az alaplemez alsó felén

A mobil lapban szintén alacsony feszültségek ébrednek, jobbra 44,6 MPa alatt maradnak, csak pontszerűen nő meg a feszültség, de akkor is csak legfeljebb 89,1 MPa mértékig.

A legnagyobb feszültségek a tuskókban ébrednek, de itt is jobbra 66,8 MPa alatt marad, csak bizonyos feszültséggyűjtő pontokban lép ennél magasabb tartományba a feszültség. Ezek közül a feszültséggyűjtő pontok közül kerül ki az egész szimuláció maximális feszültségének helye is, ez a tuskó fűtésének és a főtöbetét testelésének környéke. Ebben a pontban 267,2 MPa ébred, ami a legmagasabb érték a szimulációban, a pontos helye az 50. képen látható. Ezen javíthatnánk a testelés furatának távoltásával a fűtőpatron furatától, de mivel a fűtőpatron kereskedelmi forgalomban kapható, így adottak a méretei. Mivel a szimuláció során extrém terheléssel számoltam és a legnagyobb feszültség csak



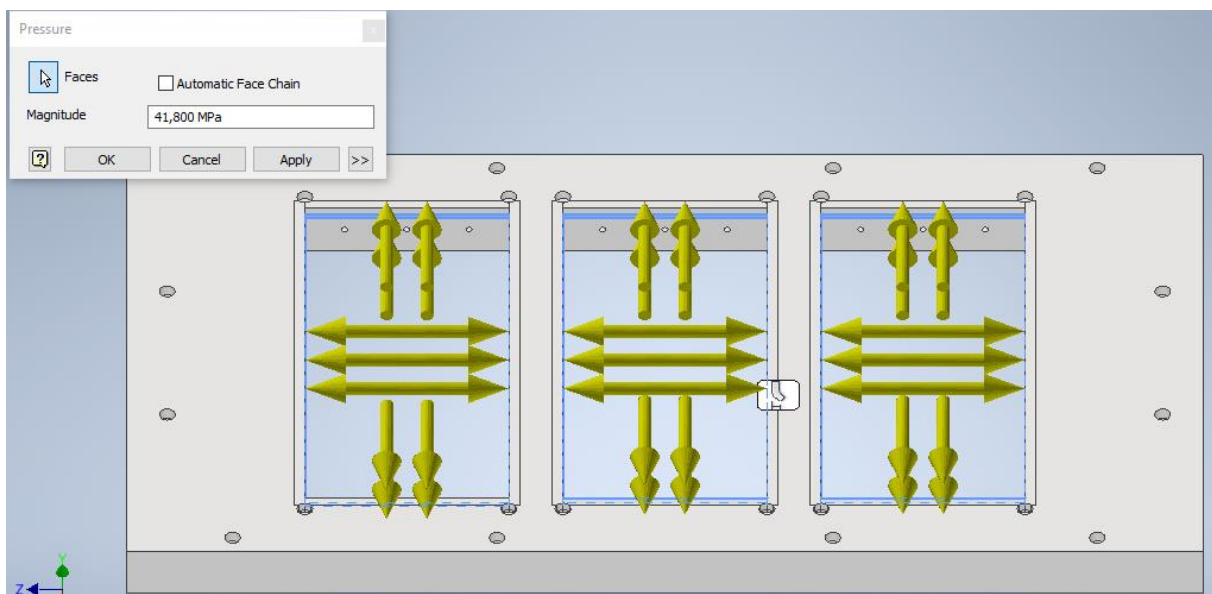
50. kép A szerszám alsó felében ébredő legnagyobb feszültsége és annak helye

pontszerű és így is alacsonyabb, mint a megengedett feszültség, a szerszám alaplemezt, mobil lapját és mágnesustuskóit szilárdságileg megfelelőnek tekintem.

3.5.2 Szerszámkeret szilárdsági ellenőrzése

A préselés során a sajtóporban fajlagos sajtónyomásnak megfelelő feszültség ébred. Ez a feszültség nem csak az alsó és felső bélyegek felületén ébreszt ennek megfelelően ellenerőket, de a sajtópor képlékeny anyag lévén oldalra is „terjeszkedik” és a betétléceket, azon keresztül pedig a szerszámkeretet is terheli. A 3.1-es fejezetben olvasható, hogy a fajlagos sajtónyomás jellemzően 390 bar, de felfelé akár 400 barig is emelhető technológiai paraméter. Szintén a 3.1 fejezet tartalmazza, hogy a 2.3 fejezetben bemutatott sajtógép a tesztek során 418 bar fajlagos nyomást is el tudott érni. Habár ilyen beállításokkal használni a gépet semmiképp nem szerepel a terveink között, de az ellenőrzést erre az esetre szeretném elvégezni. Az is az ellenőrzés biztonságát fogja növelni, hogy eltekintek a sajtópor belső súrlódásától és azzal az esettel számolok, hogy a sajtolás teljes nyomása oldalirányban is megjelenik a betétléceken.

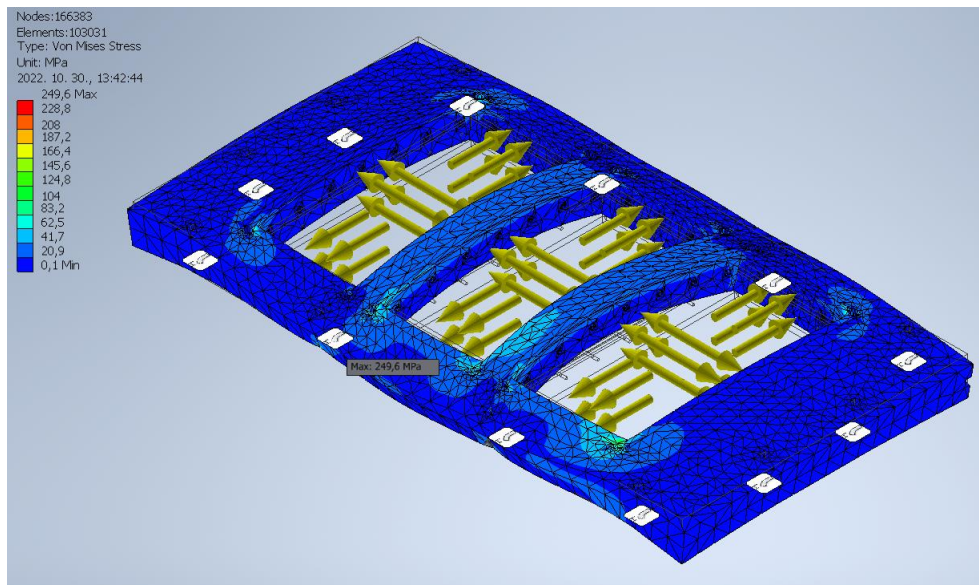
A szimulációhoz ebben az esetben is külön modellt készítettem, hogy az eredmény jobban áttekinthető és pontosabb lehessen. Először a betétlécek modelljén egy felületet hoztam létre, a 3.4.3 fejezet 39. ábrája alapján, ahol a szerszám és a bélyegek pozíciója a sajtolás közben látható. A 39. ábráról leolvasható, hogy a sajtópor csak a szerszámkeret tetejétől számított 12,1 és 19,7 mm között érintkezik a betétlécekkel. A szimuláció során ezeken a felületeken adtam meg a 418 bar-nak megfelelő 41,8 MPa-os nyomást, amint az a 51. képen is láthatunk. A rögzített felületeknek azokat a felületeket jelöltem ki, amelyeken az oszlopok érintkeznek a szerszámkerettel.



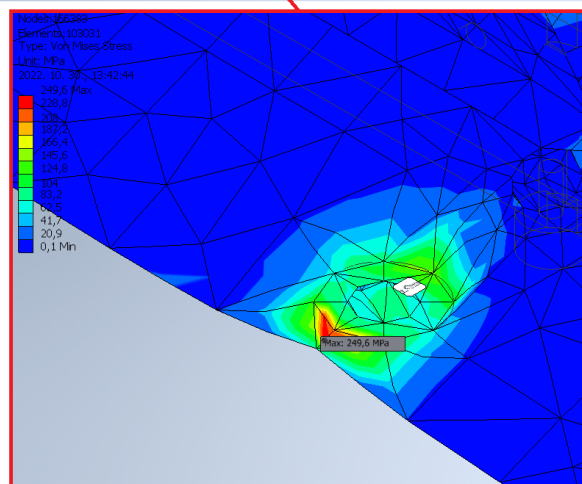
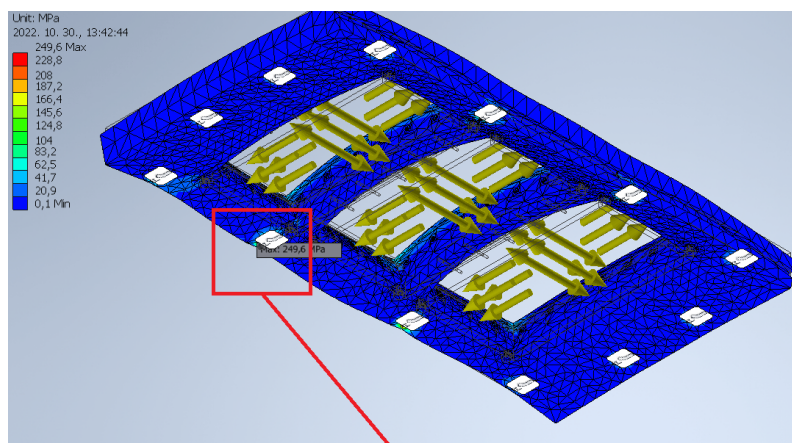
51. A szerszámkeretet terhelő nyomás támadáspontja és mértéke a szimulációs szoftverben megjelenítve

A végeelem számítás eredményét az 52. képen láthatjuk. A szerszámkeret döntő részén az ébredő feszültségek még a 20,9 MPa értéket sem érték el, fészkek közötti gát felső harmadában is javarészt 41,7 MPa alatt maradtak. A fészkek éles, feszültséggyűjtő sarkaiban nagyobb feszültségekkel is találkozhattunk, de a 104 MPa-t itt sem lépték túl. A szerszámkeret alját megfigyelve azt tapasztaljuk, hogy alig léptük át a 20,9 MPa értéket, viszont vannak pontszerű kiugrások az alátámasztásoknál, azaz az oszlopok csatlakozási felületein. Ezekon a felületen található a szimuláció maximális feszültsége is 249,6 MPa értékkel. Ez a magasabb feszültségtartomány is csak pontszerűen jelentkezik és a 280,555 MPa-os megengedett érték

marad, a keretet így szilárdságilag megfelelőnek tekintem. A szerszámkeret alján a feszültségek alakulását a 53. képen láthatjuk, a legmagasabb értéket adó alátámasztási pontot kinagyítva is láthatjuk.



52. kép A szerszámkeretben ébredő feszültségek eloszlása a keret tetején



53. kép A szerszámkeret alsó felének feszültség eloszlása, kiemelve a legnagyobb ébredő feszültség helyét

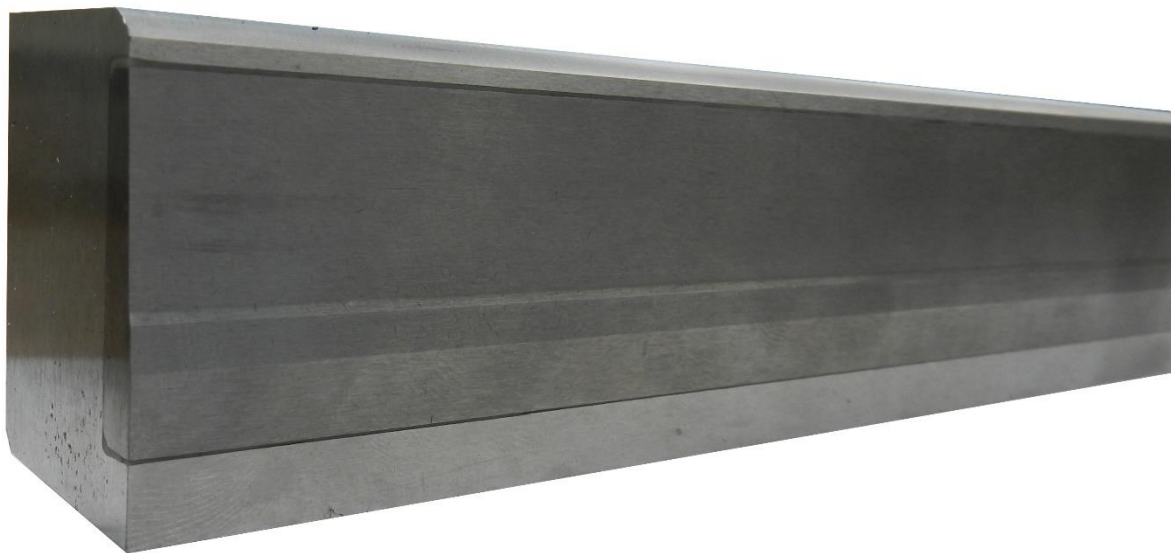
4. Konklúzió

4.1 Fejlesztési lehetőségek

A 2.4-es fejezet 3. táblázatában bemutatottak szerint az általam tervezett burkolólap sajtószerző a beható szerzők közé tartozik. A beható szerzők ezen okból nagyon kifejlett konstrukciónak számítanak, a fejlődésük alapvetően az alábbi területeket érintette:

- betételek élettartamának növelése, szerzőkopásból adódó kiesések csökkentése
- szerző védelme a sajtóporral szemben
- szerző és bélyegek cseréjéből adódó kiesések csökkentése

A betételek a szerző egyedüli olyan részei, amelyek közvetlenül részt vesznek a formaadásban. A sajtolás során a betételek nagyon magas mechanikai és koptató igénybevételnek vannak kitéve. Ez szintén igaz az alsó és a felső bélyegekre is, viszont azok cseréje nagyon egyszerű és gyors folyamat, nagyjából 200 ezer ciklus után felújításra szorulnak, ezért több garnitúrát is tartunk belőlük raktáron. Ezzel szemben a szerző betételeinek 500 ezer ciklust is ki kell bírniuk, ez ciklusszámtól és a gép rendelkezésre állásától függően körülbelül 1,5 hónap folyamatos gyártás. Ez azt jelenti, hogy 1,5 hónap gyártás után a szerzőt el kell távolítani a sajtógépből és cserélni kell a betételeket. A betételek cseréje jó esetben is (pl. csak fordítani kell a kereten vagy van raktáron felújított szerzőkeret) két 8 órás műszak kieséssel jár a saját tapasztalataim alapján. Ennek kiküszöbölésére az egyik elterjedt megoldás a keményfém betétes lécek alkalmazása. Ebben az esetben a hagyományos betételek formaadó felületeire keményfém betéteket helyeznek el, amint azt a 54. képen is láthatjuk. A „keményfém” betétek pontos anyaga a gyártók vállalati titka, de HV30 1620 keménységet és 1.200.000-1.500.000 ciklusos élettartamot ígérnek [14].



54. kép Keményfém berakásos betétléc [14]

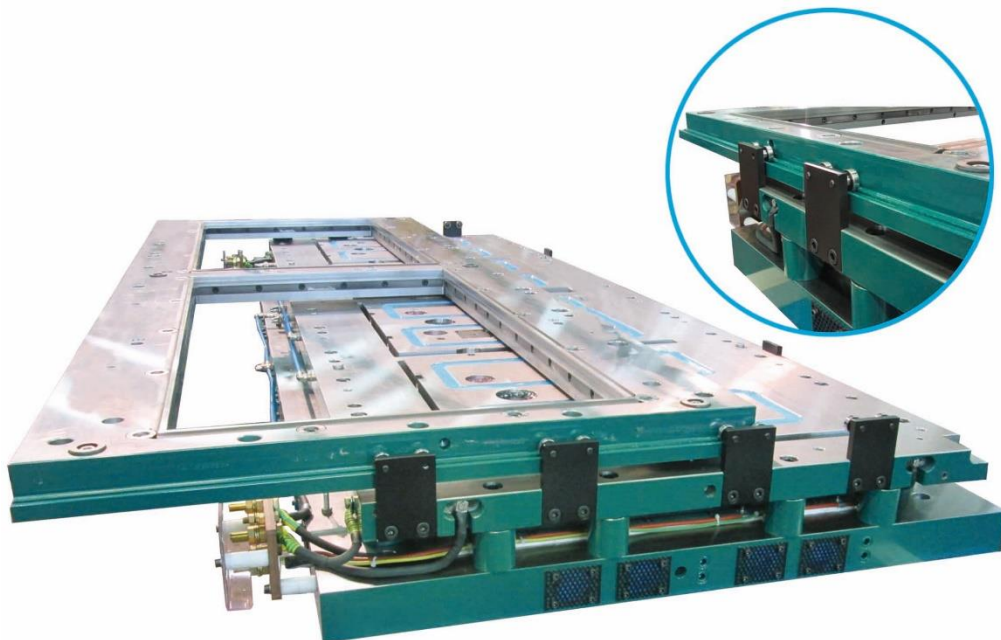
A betételek kopása okozta kiesés csökkentésére egy másik elterjedt módszer a 2.4-es fejezetben említett szerelt betétek. Itt a szomszédos oldalak lécei fecskefarkas kialakítással vannak egymáshoz fogatva, majd pontos beállítást követően összezsavarozva. A megoldás különlegessége, hogy a szerelt betétléc nem ér végig a szerzőkeret teljes magasságán, hanem

abban egy vállra ül fel, így pontosan összeszerelt betétlécek esetén csak ki kell csavarozni a kopott garnitúrát és befogatni az újat. A megoldás nagyon csábítóan hangzik, de fontos megemlíteni, hogy a betétlécek összeszerelését csak mérőberendezésekkel jól felszerelt műhelyben hajtható végre, így a mi esetünkben ezt is csak külsős cég végezhetné, mint a keretfelújítást. A másik hátulütő, hogy betétléc cseréhez meg kell várni míg a teljes szerszám lehűl, majd az átszerelés után felmelegszik, így a betétléccsere körülbelül 4 órát vesz igénybe. A 55. képen egy szerelt betétet láthatunk, keményfém betétekkel [15].



55. kép Szerelt betét keményfém berakásokkal [15]

Egy nagyon érdekes és igen ritka megoldás, hogy a szerszámkeret vízszintesen osztott, a felső fele tartalmazza a betétléceket és a szerszám eltávolítása nélkül cserélhető. A cserét az is könnyíti, hogy az alkatrész fellazítás után görgős pályán távolítható el. A megoldást csak egy bizonyos olasz szerszámgyártó (Gape Due S.p.A.) kínálatában láttam. A gyártó gyors szerszámcsere-t ígér, így csökkentve a lécek kopásából vagy sérüléséből adódó kiesést. A konstrukciót a 56. képen láthatjuk [16].



56. kép Osztott szerszámkeret, cserélhető felső résszel [16]

Egy másik olasz szerszámgyártó, a Ferrari Stampi S.p.A. egy szintén különleges megoldást biztosít a betétlécek kopásából vagy sérüléséből adódó kiesések csökkentésére. A gyártó megoldása a betét cseréjére, hogy a szerszámkeret egy része eltávolítható és a betétek vízszintesen kihúzhatóak a szerszámból. A megoldás láthatóan egyedi betétléceket kíván és véleményem szerint a betétek cseréje nem sokkal lehet gyorsabb, mint a felülről eltávolítható korábban bemutatott betéteknél. A konstrukciót az 57. képen láthatjuk [17].



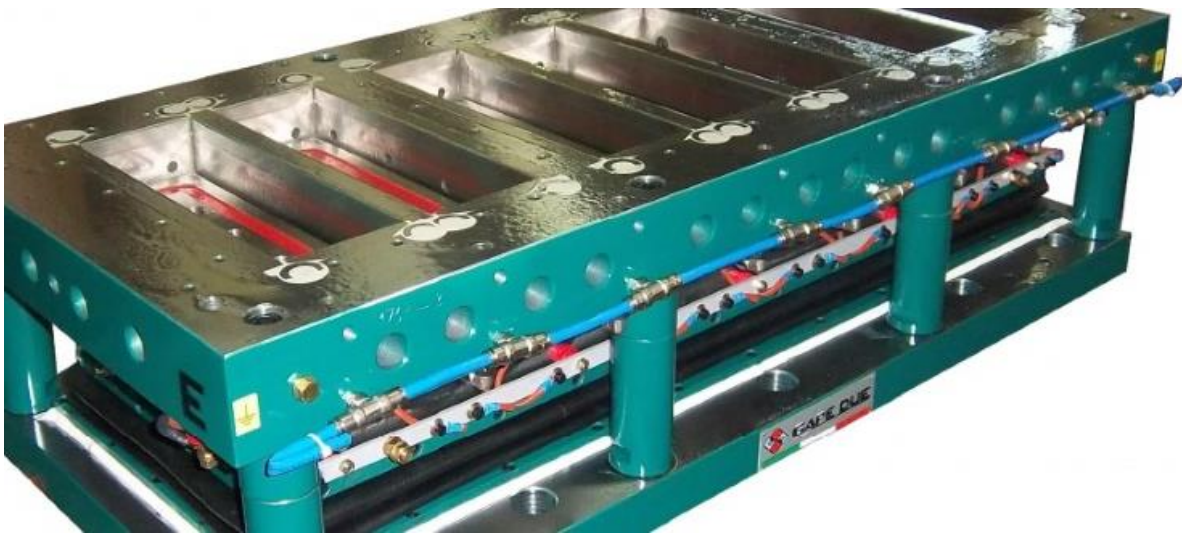
57. kép Oldal irányban eltávolítható szerelt betét [17]

A következő fejlesztések a szerszám tisztán tartását hivatottak szolgálni. A 2.4 fejezetben említettem, hogy a szerszámba kerülő sajtópor a szerszám maradó alakváltozását okozhatja, amit először a gyártott termékek minőségének romlása jelez. Ahogy korábban említettem a mobil lapon, a tuskók között felhalmozódó por a szerszám mozgását is korlátozhatja, ami szintén szerszám meghibásodáshoz, rosszabb esetben a szerszám mozgató egységének a meghibásodását okozhatja. A legegyszerűbb és legelterjedtebb fejlesztés a porvédő harmonika minőségének javítása. Nemzetközi szerszámgyártók némelyike kínál szilikon harmonikákat, ezek élettartama és tömítése jobb az állításuk szerint. Egy spanyol gyártó, a Macer S.L. kínálatában kapható szilikon harmonikát a 58. képen láthatunk [18].



58. kép Szilikon porvédő harmonika [18]

Egy másik egyszerű fejlesztés a szerszám kifúvatásának jobb elvezetése. Erre a célra gyakran alkalmaznak a szerszámkeretbe fúrt levegőjáratokat. A furatok vége 1/8” csőmenettel van ellátva, így szabványos sűrített levegő csatlakozókat rögzíthetünk bele, amiket flexibilis levegőcsövekkel kötünk össze. A megoldás a kifúvatás levegővezetékét egyszerűbbé, átláthatóbbá és tartósabbá teszi. A Gape Due S.p.A. szerszámán az *59. képen* jól látható a szerszámkeret függőleges homlokfelületén elvezetett levegőcső [19]. A fejlesztést én is alkalmazni szeretném az általam tervezett szerszámon. Az *59. képet* azért választottam, mert látható rajta, hogy a rajta látható szerszám is forgatható kerettel készült, keretfordítás esetén a levegő csővezetését át kell szerelni arra a furatkiosztásra, ami jelenleg a csatlakozók felett van. Szintén jól látható a képen a szerszámkeret tetején a belső furatok kilépő oldala.



59. kép Szerszámkeretben vezetett szerszám tisztító levegő rendszer beható szerszámon [19]

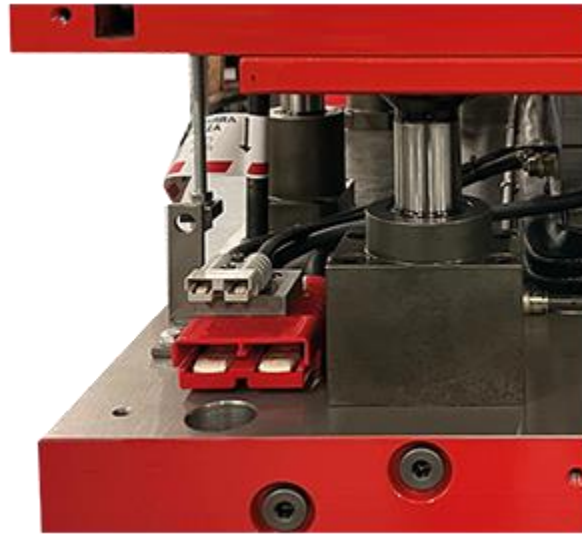
Egy másik fejlesztési irány a porvédelem érdekében, hogy a szerszámot oldalról teljes mértékben lezárják és elszívókat csatlakoztatnak a zárt légtérre. Az elszívás minden sajtógép körül adott, de a mi esetünkben plusz leállásokat kellene rajta kialakítani, ami akkor érné meg, ha minden szerszámunkon végrehajtanánk a fejlesztést. Mindenesetre a *60. képen* láthatunk egy megoldást az olasz Italstampi S.p.A. kínálatából [20].



60. kép Zárt porvédelemmel és elszívással ellátott beható szerszám [20]

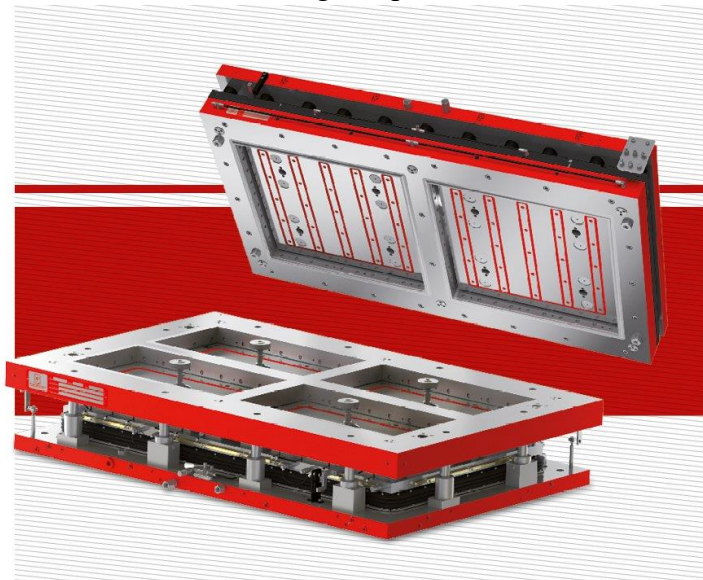
A szerszám és a bélyegek gyors cseréjét újabban több fejlesztés is célozta, de az általunk használt 2.3 fejezetben bemutatott gép ezeket a rendszereket nem tudja kezelni. Mégis van pár hasznos innováció, ami az általam tervezett szerszám és a benne lévő bélyegek cseréjét gyorsítaná. A legegyszerűbb, mégis nagyon hasznos fejlesztés a szerszám elektromos vezetékének csatlakozását érintené. Gyakori manapság a szerszámok elektromos

csatlakoztatására gyorscsatlakozókat használni, így valamelyest gyorsítható a szerszámcsere. Az én esetemben hat darab vezeték kell majd csatlakoztatni szemes saruval, ami szintén csekély időt vesz igénybe, de villanszerelő szükséges hozzá. Ezzel szemben a gyorscsatlakozót pillanatok alatt csatlakoztathatja a gépkezelő is. Csak egy okból nem fogom használni a lehetőséget: ebben az esetben minden szerszámot el kéne látni a gyorscsatlakozóval. A fejlesztést az 61. képen láthatjuk [21].



61. kép Elektromos gyorscsatlakozóval ellátott tükörszerszám [21]

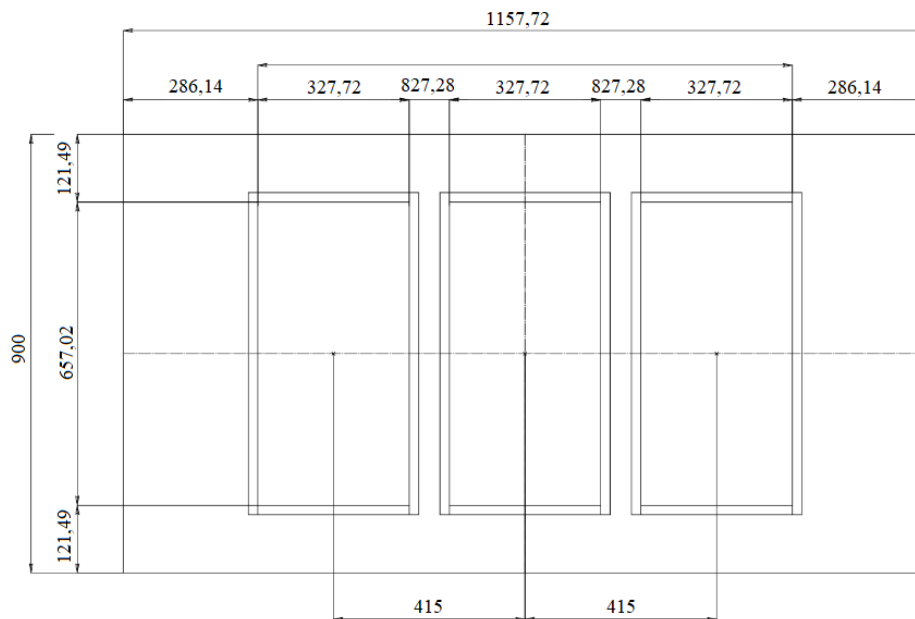
Az utolsó és igen ígéretes fejlesztési lehetőség a bélyegek cseréjénél segédkezik. A megoldás lényege, hogy a tuskók középpontjába kis méretű hidraulikus munkahengereket helyeznek el, ami a bélyegcserénél segít kiemelni a bélyegeket a szerszámkeret síkja felé, hogy azokat könnyebben eltávolíthassa a gépkezelő. Egy másik nagy előnye a módosításnak, hogy miután a tuskók elektromágnesei táplálását megszüntették, a tuskó még mágnesesen vonzza a bélyegeket. A bélyeget így „elszakítani” a mágnesről egy kisebb procedúrát igényel (kb. 5 perc hosszúságú bélyegenként), amit a hidraulikus munkahengerekkel megspórolhatunk. A munkahenger táplálása a tuskón keresztül menő furatokon történik, a tuskóból hidraulikus gyorscsatlakozó vezet ki. A munkahengerek működtetéséhez hidraulika szivattyú (vagy kézi pumpa is kell), de a szivattyú rendszerint rendelkezésre áll a prés területen, ugyanis az izosztikus alkatrészek (bélyegek, nyomólap stb.) ellenőrzésére és töltésére a gyártók tartani szoktak egyet. A lehetőség a mi esetünkben is megfontolandó. A tuskókba épített munkahengerekkel ellátott (tükör)szerszámot a 62. képen láthatjuk [22].



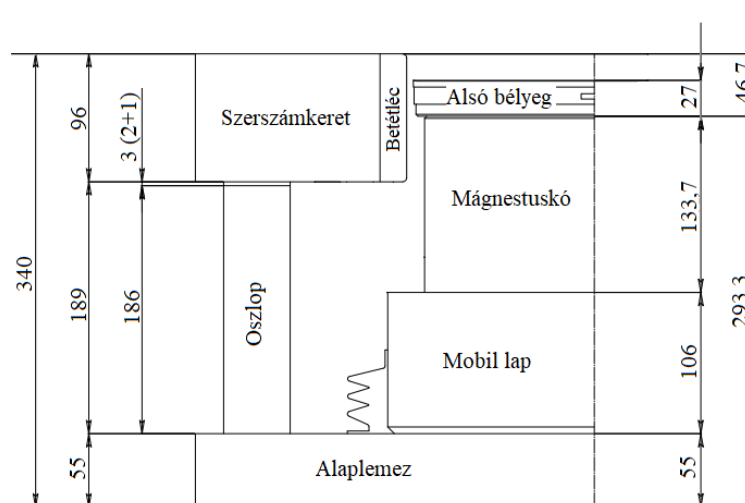
62. kép A tuskókba épített hidraulikus munkahengerekkel ellátott tükörszerszám a gyors bélyegcsere érdekében [22]

4.2 Végleges szerszámterv

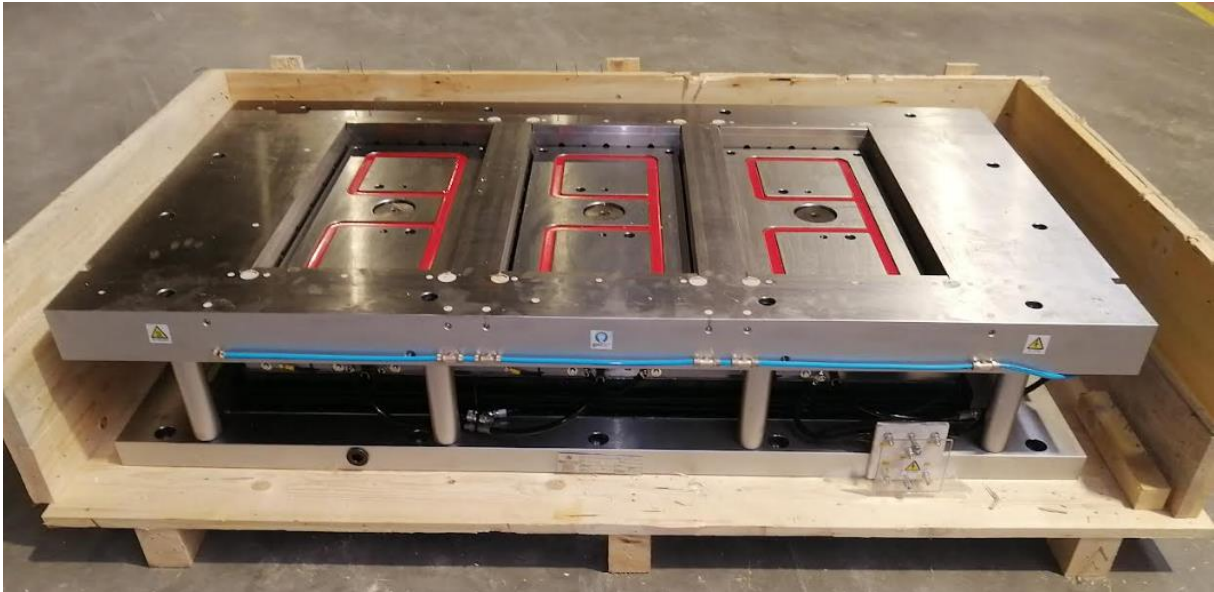
A 3.1-es fejezetben ismertettem, hogy a jelenlegi percenként 16,6-17 darab gyártott lap helyett minimum 20%-os termelékenység növekedést szeretnénk volna elérni egy Sacmi PH 2890 sajtógépen (2.3 fejezetben bemutatásra került). Ehhez egy teljesen új szerszám tervezését láttuk optimális megoldásnak. A szerszám egy hagyományos „behatoló” szerszám kellett, hogy legyen, olyan kialakítással, hogy megfelelően illeszkedjen a feljebb említett sajtógépbe. A tervezés során igyekeztem olyan kialakításra törekedni, ami a legjobban illeszkedik az üzem kialakításához, felszereltségéhez és szokásaihoz. Az általam tervezett szerszám meghatározó méreteit a 63. és a 64. ábrán láthatjuk, döntően ezekkel a méretekkel szokták jellemezni a burkolólapgyártás szerszámaikat.



63. ábra Az általam tervezett szerszám keretének meghatározó méretei



64. ábra Az általam tervezett szerszám meghatározó függőleges méretei



65. kép Az elkészült 30x60 cm-es formátumú 3 fészkes sajtószerző

A kézhez kapott szerzőről készült képet a 65. képen láthatjuk az összeszerelést követően, a kicsomagolás után. A szerző a diplomamunkám leadásakor egy 34 napos folyamatos gyártási periódust működött. Ez alatt az idő alatt a szerző végig megfelelően működött, bármiféle probléma nélkül. Az előző alkalmakhoz képest, amikor azonos gépen azonos formátumot gyártottunk, a kemence kihasználtságunk átlagban 1,3%-kal javult az új szerző hatására, míg a sajtógépnek elég volt 77,2%-os rendelkezésre állás az előző 86,7% helyett. Ez a jelenlegi (2022) energiaárak mellett hatalmas előre lépésnek számít. A kemencénk maximális termikus teljesítménye 14,25 MWh. Ez azt jelenti, hogy 100 Eur/MWh fölgáz árfolyam és 400 Eur/Huf árfolyam mellett ez 48,36 napos megtérülést jelent a szerző számára, ami kiválóan mondható! A sajtógép is sikeresen vizsgázott a nagyobb terhelés alatt. Az új szerzőmunkát a 66. képen láthatjuk a sajtógépbe építve.



66. kép Az elkészült szerző a sajtógépbe szerelve

5. Összefoglalás

A diplomamunkám célkitűzése egy olyan kerámia burkolólap sajtószerzámnak a megtervezése volt, ami elhelyezhető egy jelenleg is használt sajtógépünkbe annak átalakítása nélkül és minimum 20% növekedést tesz lehetővé a sajtógép gyártási volumenében. A termelési volumen ilyen mértékű növekedését csak úgy biztosíthatja az új szerzám, ha a meglévő két fészek helyett hárommal rendelkezik.

A diplomamunkám irodalomkutatás részének legelején igyekeztem röviden bemutatni a kerámia burkolólapok gyártásának általános technológiáját. A gyártási technológián belül elhelyeztem a burkolólap formaadásának, azaz a sajtolásának a helyét.

Az irodalomkutatásban szintén bemutattam burkolólap gyártás hagyományos sajtógépeit, a hidraulikus présgepeket. A bemutatás során ezeket a speciális hidraulikus préseket főbb részegységekre bontottam. A részegységeket funkcióját és működési elvét külön mutattam be.

Az irodalomkutatás végén magukat a sajtószerzámokat mutattam be. Az általam tervezni kívánt szerzámot elhelyeztem a burkolólapgyártásban használt szerzámok családjában, majd alkatrészekre bontva részletesen bemutattam a behatoló szerzámok általános felépítését. Fontosnak tartottam alkalomadtán kitérni az egyes alkatrészek lehetséges változataira vagy adott esetben jelentőségükre.

A tervezés megkezdése előtt részletes követelményrendszert állítottam fel a tervezni kívánt szerzámmal szemben.

A szerzám tervezésének első lépéseként ellenőriztem, hogy a három fészkes sajtószerzám számára biztosítani tudja-e a meglévő sajtógép a 400 bar fajlagos sajtónyomást. A konstrukció működőképességét számításokkal és tesztekkel igazoltam.

A fészkek számának növekedésével azok orientációja is megváltozott, ezért a konstrukciót előzetes vizsgálatoknak vettem alá annak tekintetében, hogy a szerzám méreteit lehetséges-e olyan keretek között tartani, amit a meglévő sajtógép még biztonságosan működtetni tud. Az előzetes számítások alapján a szerzám megvalósítható.

Az előzetes számítások után a szerzám tervezésének folyamatát szemléltettem. Az alkatrészeket egyenként mutattam be, annak sorrendjében, ahogy azok tervezését megvalósítottam. A tervezés során az egyes részegységek méretei és kialakítása a sajtógép méreteiből, számításokból és szerkesztésekből következtek.

A szerzám kész konstrukcióját ellenőriztem szilárdsági szempontból. Először azokat az alkatrészeket ellenőriztem nyomásra, amelyek a préselés során elszenvedik a sajtolásból származó erőt. A második lépésben a sajtópor oldalirányú terjeszkedéséből eredő nyomással számoltam a sajtolás fázisa alatt, aminek hatására szerzámkeretet horizontális irányban nyomás terheli. Mindkét ellenőrzéshez végesem szoftvert használtam, a szerzámmodell ebben az esetben is megfelelőnek bizonyult.

A fejlesztési lehetőségek fejezetében bemutattam, hogy a kerámia burkolólap szerzámok gyártásában milyen fejlesztési trendek és lehetőségek érhetők el napjainkban. A fejlesztési lehetőségeket kategorizáltam azok funkciója szerint, majd minden kategóriában példákat mutattam be.

6. Summary

The goal of my thesis was to design such a ceramic tile industry press mould which is implementable to an existing press machine without the modification of the mentioned machine and which is able to increase the production volume of the press machine with 20%. The only way of this magnitude of increment in the production volume if the new mould designed have three cavities instead the two cavities on the recent mould.

In the beginning of the literature research part of my thesis I shortly introduced the common technology of the ceramic tile production. I located the place of the tile shaping in the technology process.

I also presented in the literature research part the traditional press machines of tile industry, the hydraulic presses. In the presentation of this extraordinary machines I divided them into main parts. After I introduced the parts one by one based on their function.

In the end of the literature research I presented the ceramic tile moulds. I located the place of the new mould in the family of ceramic tile moulds. Finally I divided the mould into parts and I explained all of them. I felt necessary to highlight the different concepts of each parts or in other case the importance of them.

Before the start of the design of the mould I stand up a thorough request system for the mould.

In the first step of the design I inspected that the press machine is able to provide the requested 400 bar specific pressure for the mould with three cavities or not.

With the increase of the number of cavities the orientation of the produced tiles also changed. For this reason I made precalculations in the view of the possible smallest mould dimensions. I wanted to make sure the press machine is enough to operate such a mould in a safety way. The precalculations showed it is possible to design a mould like this for the existing press machine.

After the precalculations I showed the process of the mould design. I introduced the parts of the mould one by one in the sequence like the design happened. The final dimensions and shape of the mould came from the design of press machine, from calculations and from sketching.

I checked the mould's mechanical stresses during the pressing cycle. First of all I checked those parts which are suffer directly the force from the main piston during the pressing. In a second step I calculated the spreading of the press powder during the pressing cycle, which is also stressing the mould's frame. I used finite element software in both calculation, the mould model proved to be appropriate in this case as well.

In the part of the possibilities of development I showed samples for the most ordinary trends and ways of development which are available today's ceramic tile moulds market. I categorized the developments by the function of them.

7. Irodalom

- [1] Roy W. Rice (2002): Ceramic Fabrication Technology, Marcel Dekker Inc., New York
- [2] Applied Ceramic Technology volume 1 (2006), Editrice La Mandragora of Imola s.r.l, Imola
- [3] Péter Gyula (1986): Kerámiaipari gépek, Műszaki Könyvkiadó, Budapest,
- [4] Dalla tecnologia alle macchine ai forni per la piastrella SACMI (1986), Sacmi, Imola,
- [5] Rafael Galindo Renau (2008): Prensas, moldes y prensado en la fabricación de baldosas cerámicas Prensas y moldes, Macer,
- [6] Serries 2000 presses catalogue, Sacmi, <https://sacmi.com/en-US/Ceramics/Tiles/pressing/2000-series> (2022 április)
- [7] Sacmi (1998), Users's manual 159.36.A01 Hydraulic presses
- [8] Egymould, <https://egymould.com/products-services/moulds-main-components/die-box/> (2022 április)
- [9] Gape Due, <http://www.gapedue.it/en/products/lastrine-intercambiabili-2/> (2022 április)
- [10] Mectiles Italia, <https://mectilesitalia.com/pressatura-ceramica/> (2022 szeptember)
- [11] Sacmi (2002), Instruction manual 212.01.A10_03 in-line feeders for 647/667/668/677/976/977/978 press die-sets set-up for double loading equipment
- [12] Dr. Házkötő István (2006): Műszaki 2D-s ábrázolás, Műegyetemi Kiadó, Budapest
- [13] Matweb, <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=43364bf60fe843f9bd4daf66f31c2535&ckck=1> (2022 október)
- [14] Gape Due, <http://www.gapedue.it/en/products/lastrina-ld-> (2022 október)
- [15] Macer, <https://www.macer.es/en-macer-mould-technology-en-cuchillas-alta-resistencia-desgaste-mmd> (2022 október)
- [16] Gape Due, <http://www.gapedue.it/en/products/matrice-sfilabile-> (2022 október)
- [17] Ferrari Stampi, <https://www.ferraristampi.com-ceramic-moulds-> (2022 október)
- [18] Macer, <https://www.macer.es-en-macer-mould-technology-en-fuelle-silicona-cuero> (2022 október)
- [19] Gape Due, <http://www.gapedue.it-it-prodotti-stampi-rientranti-> (2022 október)
- [20] Italstampi, <http://www.italstampispa.it-portfolio-stampo-con-sistema-di-aspirazione-?lang=en> (2022 október)
- [21] Ferrari Stampi, <https://www.ferraristampi.com-applications-electronic-quick-connector-> (2022 október)
- [22] Ferrari Stampi, <https://www.ferraristampi.com-ceramic-moulds-sfs-mould-with-removable-containers-sfs-cs-> (2022 október)

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Fábíán Dávid Mihály
A Hallgató Neptun kódja: KXOI5J
A dolgozat címe: Kerámiaipari présszerszám tervezése, integrálása a gyártási folyamatba
A megjelenés éve: 2022
A konzulens tanszék neve: Mechanikai Tanszék

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

Ha a fenti nyilatkozattal valótlant állítottam, 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 tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

Kelt: 2022 év 11 hó 7 nap



Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Alulírott Fábrián Dávid Mihály, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Szent István Campus, Gépészmérnök 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: 2022 év november hó 07. nap



Hallgató

NYILATKOZAT

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

A Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom*.

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

Kelt: Gödöllő 2022 év 11 hó 07 nap



Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!