



DEBRECENI EGYETEM
MŰSZAKI KAR
GÉPÉSZMÉRNÖKI TANSZÉK

UNIVERSITY OF DEBRECEN
FACULTY OF ENGINEERING
DEPARTMENT OF MECHANICAL
ENGINEERING

PCB FORRASZTÓKERETEK
GYÁRTÁSI/TERVEZÉSI FOLYAMATA ÉS
KARBANTARTÁSI TERVE
SZAKDOLGOZAT

Prokaj Dániel

Üzemeltető-karbantartó specializáció

Debrecen

2026

TARTALOMJEGYZÉK

1	Bevezetés	1
1.1	Téma aktualitása	1
1.2	A probléma ismertetése	2
1.3	Kutatási feladatok	2
2	Szakirodalmi áttekintés.....	3
2.1	A nyomtatott áramkörök történelme	3
2.2	A PCB-k felépítése és típusai	4
2.2.1	Merev PCB	5
2.2.2	Flexibilis PCB	6
2.2.3	Panelizáció.....	6
2.3	Forrasztási technológiák	8
2.3.1	Hullámforrasztás.....	9
2.3.2	Szelektív forrasztás.....	10
2.3.3	Reflow (újraömllesztéses) forrasztás.....	11
2.3.4	Kézi forrasztás	12
2.4	A forrasztókeretek főbb típusai	14
2.4.1	Hullámforrasztó keret	14
2.4.2	Szelektív forrasztó keret	15
2.4.3	SMT forrasztó keret.....	16
3	Univerzális forrasztókeret bemutatása.....	18
3.1	A forrasztó keret megtervezése	19
3.1.1	Tervezési előírások és alkalmazott követelmények.....	19
3.1.2	Tervezési folyamat bemutatása	22
3.1.3	Gyártási folyamat előkészítése, tervezése	27
3.2	Gyártási folyamat	31
3.2.1	CNC megmunkálás.....	31
3.2.2	Szerszámozás.....	32
3.2.3	Technológiai paraméterek	32
3.2.4	Gyártásközi ellenőrzés.....	32

3.2.5	Utómunka	33
3.2.6	Összeszerelés	33
3.2.7	Végellenőrzés	34
3.2.8	Csomagolás, kiszállítás és garancia.....	37
4	A forrasztókeret karbantartási terve	38
4.1	A karbantartási terv elkészítéséhez szükséges alapadatok	38
4.1.1	A karbantartás szempontjából kritikus alkatrészek	40
4.1.2	Karbantartási típusok.....	41
4.1.3	A karbantartás rendszerének kialakítása.....	42
4.1.4	A karbantartási folyamat lépései	43
5	Összegzés	45
	Irodalomjegyzék	46
	Mellékletek.....	48

1 Bevezetés

1.1 Téma aktualitása

A modern elektronikai iparban a nyomtatott áramkörök (PCB – Printed Circuit Boards) alkalmazása elengedhetetlen. Ezek az eszközök képezik az alapját szinte minden elektronikai terméknek, az autóipartól kezdve a számítástechnikán át a mindennapokban használt háztartási gépekig. A sorozatgyártás során nem csupán a PCB-k tervezése és gyártása, hanem azok megfelelő kezelése és szerelése is kritikus szerepet játszik. Ebben a folyamatban kiemelt szerep jut a forrasztókereteknek, amelyek stabil alátámasztást, pontos pozícionálást és védelmet biztosítanak a különféle forrasztási eljárásokhoz. [1]

A forrasztókeretek minősége, kialakítása, anyaghasználata és gyártási pontossága közvetlen hatással van a legyártott nyáklap minőségére és a gyártósor hatékonyságára. Ezek az eszközök idővel elhasználódnak, deformálódnak vagy eltömődnek, ami hibákat eredményezhet a forrasztás során. Ezért a tervezésen és gyártáson túl a rendszeres és szakszerű karbantartás is kulcsfontosságú.

A dolgozatommal szeretném első sorban szemléltetni a nyomtatott áramkörök történetét, a forrasztási technológiákat, a folyamathoz szükséges termékeket, eszközöket és ezek tervezését, gyártását. A cégnél tapasztaltak alapján szeretnék elkészíteni egy karbantartási tervet egy forrasztókeretnek, amely nagy előre lépés lenne a termékek gazdaságossága és tartóssága szempontjából. A választás nem véletlenszerű, tervezőként dolgozok a Finmech Kft-nél, amely egy füzesabonyi egyedi gyártó cég, ahol főként ezen termékek tervezése, gyártáshoz való előkészítése, program készítése és utólagos ellenőrzése a feladatom. Szeretném a kidolgozott karbantartási tervet beajánlani a cégünknek és ezzel hozzájárulni a könnyebb fejlődéshez, munkákhoz.

1.2 A probléma ismertetése

A probléma középpontjában az áll, hogy jelenleg a cégünknel és ezzel az ipárral foglalkozó cégek többségének nincs kidolgozott írásban rögzített karbantartási terve. A forrasztókeretek folyamatos terhelésnek vannak kitéve, legyen ez akár nagy hőhatás, kopás, különböző vegyi anyagok, vagy a folyamat során képződő maradvány anyagok miatt. Mivel nincs meghatározva, hogy mikor mit kell ellenőrizni, vagy karbantartani, így az egyéni megítélés alapján dől el, ami véleményem szerint megbízhatatlan. A legtöbb vállalat nem házon belül, hanem időközönként visszaküldött termékkel a forrasztó eszközöket gyártó cégekre hárítva végezteti a javításokat. Ezek a termékek folyamatos karbantartása elengedhetetlen, hogy elkerüljük a gyakori selejteket, gépleállásokat és a gyártósori problémákat.

1.3 Kutatási feladatok

- Tervezzék meg egy konkrét forrasztókeretet.
- Mutassa be a termék előállításához szükséges szabványokat és előírásokat.
- Ismertesse a termék gyártási folyamatát, lépéseit és technológiai követelményeit.
- Dolgozza ki a forrasztókeret karbantartási tervét.

2 Szakirodalmi áttekintés

2.1 A nyomtatott áramkörök történelme

A nyomtatott áramkörök megjelenése előtt az elektronikai eszközöknél még vezetékekkel kötötték össze az alkatrészeket. Ez a megoldás sok helyet foglalt, és gyakran hibalehetőséget is jelentett. Már a 20. század elején felmerült az igény arra, hogy ezt egyszerűbb és átláthatóbb módon lehessen megoldani, így jelentek meg az első próbálkozások a nyomtatott vezetősávok kialakítására. [13]

A technológia a későbbiekben kezdett igazán fejlődni, amikor sikerült olyan megoldásokat létrehozni, ahol a vezető rétegek egy szigetelő alapra kerültek. Ez már sokkal megbízhatóbb volt, mint a korábbi huzalozott megoldások. A második világháború idején ezek az áramkörök egyre fontosabbá váltak, mivel szükség volt olyan elektronikai rendszerekre, amelyek kisebbek és stabilabban működnek. [13]

A háború után a PCB-k egyre jobban elterjedtek az iparban is. Az egyik legnagyobb előnyük az volt, hogy könnyebben lehetett őket nagy darabszámban gyártani, így a sorozatgyártásban is jól használhatók lettek. Idővel a hagyományos vezetékes megoldások szinte teljesen háttérbe szorultak, és a PCB-k váltak az elektronikai gyártás alapjává. [13]

A fejlődés azóta sem állt meg. Megjelentek a többrétegű áramkörök, amelyekkel már sokkal összetettebb rendszereket is lehet készíteni. Napjainkban a cél egyre inkább az, hogy minél kisebb helyen minél több funkciót lehessen elhelyezni. Emiatt folyamatosan fejlődik a technológia, és egyre pontosabb, sűrűbb kialakítások jelennek meg.

Véleményem szerint a PCB-k fejlődése nagyban hozzájárult ahhoz, hogy az elektronikai eszközök ilyen gyorsan fejlődjenek. Nélkülük a mai modern berendezések nem lennének ilyen kicsik és megbízhatóak. A jövőben valószínűleg még nagyobb szerepük lesz, főleg a további méret csökkentések, akár legyen ez kézzel is épp, hogy fogható méretek miatt, illetve az automatizált gyártásban.

Érdekességként megemlíthető, hogy manapság rendkívül kisméretű, akár mikroszkopikus áramköröket is fejlesztenek. Ezeket főként orvosi eszközökben alkalmazzák. [14]

2.2 A PCB-k felépítése és típusai

A PCB-k az elektronikai eszközök alapvető építőelemei, amelyek mechanikai tartást biztosítanak az alkatrészeknek, valamint lehetővé teszik azok elektromos összekötését. A PCB egy szigetelő alappal rendelkező lemez, amelyre vezető rétegeket visznek fel. Ezeket a rétegeket vegyi úton, vagy marással alakítják ki, hogy pontos áramkört képezzenek. [2]

Alapvető rétegek:

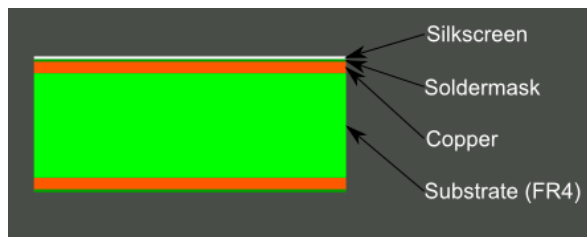
- alaplemez (substrate): legtöbbször üvegszálas anyag (FR4), ami kiváló szigetelő
- vezető réteg (copper layer): jellemzően réz felületek, amelyek az elektromos kapcsolatokat biztosítják.
- forrasztásgátló réteg (solder mask): védelmet nyújt és segít megakadályozni a rövidzárlatokat
- szitázások (silkscreen): ez a réteg tartalmazza a jelöléseket, pozíciós számokat, alkatrészneveket

Hajlíthatóság szerint:

- Merev PCB: hagyományos, szilárd szerkezet, akár kézzel is törhető.
- Flex PCB (Flexibilis nyák): hajlítható, vékony hordozóra épített áramkör (sérülékeny, könnyen elszakítható)

A megfelelő típus kiválasztása a végtermék funkciójától, méretétől és terhelhetőségétől függ. A PCB típusa meghatározza a forrasztás paramétereit is, így hatással van a forrasztókeretek kialakítására. [2]

A rétegek kialakítása a gyakorlatban is fontos, mivel ez határozza meg, hogy az áramkör mennyire lesz tartós és megbízható. Tervezésnél figyelni kell arra, hogy milyen hatások érik majd a nyákot, például hő vagy mechanikai terhelés. Ha ezeket nem vesszük figyelembe, akkor az áramkör könnyen hibássá válhat használat közben.



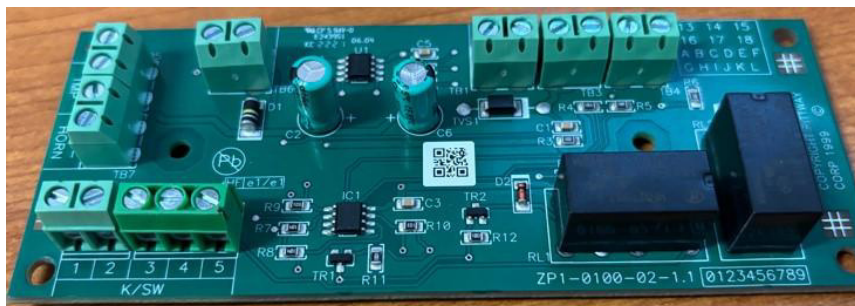
1. ábra. PCB alapvető rétegei [2]

2.2.1 Merev PCB

A merev PCB-k a leggyakrabban alkalmazott nyomtatott áramkörök, mivel kialakításuk egyszerű és stabil. Ezeknél a típusoknál a nyák nem tartalmaz hajlítható részeket, így könnyebb velük dolgozni. Az ilyen áramkörök felépítése általában nem tartalmaz semmi extra kialakítást egy darab stabil lemez az egész, ami megkönnyíti az alkatrészek elhelyezését a különböző gyártási műveletek elvégzéséhez.

A merev PCB-k vastagsága jellemzően 1,6 mm körül alakul, azonban a gyakorlatban előfordulnak vékonyabb, 0,8–1 mm-es, illetve vastagabb, akár 2–5 mm-es változatok is. A forrasztás során előnyük, hogy kevésbé hajlamosak a deformációra, ezért kevesebb ponton szükséges megtámasztani őket. Ez hozzájárul ahhoz, hogy az alkatrészek stabilan a helyükön maradjanak, és kisebb legyen az elmozdulás esélye.

Tapasztalataim alapján ezekkel a típusokkal általában kevesebb probléma adódik, ugyanakkor vastagabb kivitel esetén előfordulhat, hogy az áramkör nehezebben melegszik át, ami a forrasztási folyamat során nagyobb hőigényt jelenthet.

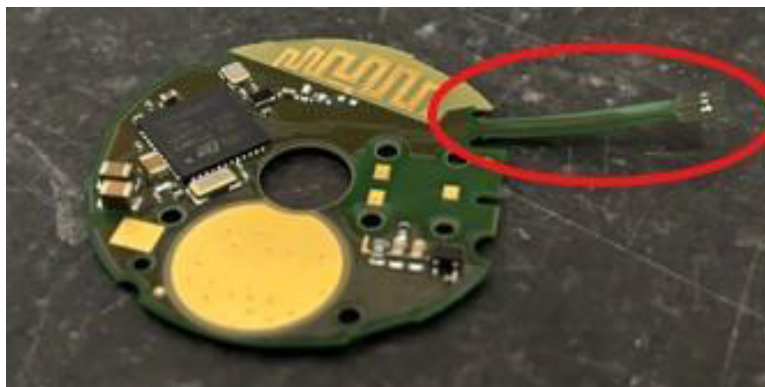


2. ábra. Merev PCB (Saját készítés)

2.2.2 Flexibilis PCB

A flexibilis PCB-k esetében a kialakítás lehetővé teszi a hajlítást, ami előnyös olyan helyeken, ahol a rendelkezésre álló hely korlátozott. Ugyanakkor ez a tulajdonság a munka során több odafigyelést igényel, mivel az áramkör könnyebben deformálódhat. A flexibilis PCB-k vastagsága változó, lehetnek akár egész vékonykák is 0.1mm, ezek a típusok könnyen hajlíthatók, míg a vastagabb változatok kevésbé rugalmasak, és hajlítás után akár meg is tartják a formájukat. A forrasztás során általában gyorsabban átmelegszenek, ezért kisebb hőbevitel is elegendő lehet. Megtámasztás kialakítása szerint itt már nem elegendő csak alulról alátámasztani az áramkört, sok esetben felül is szükséges rögzíteni.

A képen a nyáklap flexibilis része, ahol látszik is a korábban említett hajlás.



3. ábra. Flexibilis PCB (Saját készítés)

2.2.3 Panelizáció

A PCB-k felépítésénél nem csak a rétegekkel kell foglalkozni, hanem azzal is, hogy maga a nyák hogyan van kialakítva, vagyis egy darabból áll, vagy több kisebb panel egy nagyobb egységben helyezkedik el. A gyakorlatban sokszor nem külön-külön érkeznek a nyákok, hanem egy nagyobb panelben több darab található, ezt nevezzük multiboard, az egyenként már a multipanelből eltávolított PCB-ket pedig singleboard kialakításnak.

A multiboard lényege, hogy egy nagyobb panelen több azonos singleboard van elhelyezve, lehet ez közvetlen egymás mellett, vagy 90°-al elforgatva egymáshoz képest, amelyeket a gyártás után külön választanak szét. Ez általában úgy van megoldva, hogy a panelek között elő vannak készítve a törési vagy vágási helyek (angolul routing tabs) így

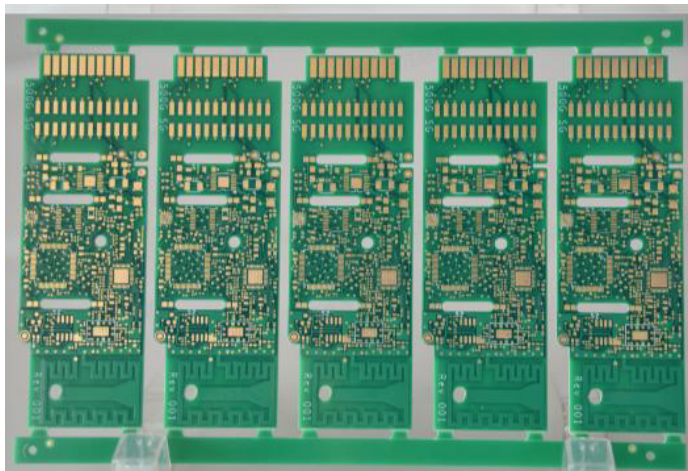
később könnyen leválaszthatók egymásról. Ez a megoldás a gyártás szempontjából előnyös, mivel egyszerre több darabot lehet kezelni, így gyorsabb és gazdaságosabb a folyamat. [16]

A single board ezzel szemben egyetlen önálló nyákot jelent, amely már külön egységként van jelen. Ezzel általában egyszerűbb dolgozni, mivel kisebb és könnyebben kezelhető, viszont nagyobb darabszám esetén nem annyira hatékony, mint a multis megoldás. A két kialakítás közötti különbség nem csak a gyártásnál számít, hanem a további feldolgozás során is, mivel a méret és a forma meghatározza, hogy milyen módon lehet vele dolgozni. [16]

Tapasztalataim alapján a multiboard panelekre jobban oda kell figyelni, főleg a méretük miatt. Minél több kisebb PCB van egy panelen, annál nagyobb lesz a felület, így könnyebben meghajolhat, vagy nem fekszik fel rendesen akár egy forrasztókeretben, akár egy összeszerelő egységben.

Emiatt fontos, hogy több ponton legyen megtámasztva, különben a későbbi feldolgozás során problémák jelentkezhetnek. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy az alátámasztást nem lehet csak néhány helyen kialakítani, hanem lehet, hogy akár teljes hosszában a panel alatt meg kell támasztani. Ha ez nem megfelelő, akkor a forrasztás vagy más műveletek során elmozdulhat, elhajolhat, ami hibát okozhat.

Felmerülhet a kérdés, hogy egy több darab singleboard-ot tartalmazó panelnél a gyártás során használt gépek hogyan tudják pontosan meghatározni a pozíciókat. Erre a panelek felületén úgynevezett fiducial pontokat helyeznek el, amelyek segítik a beazonosítást. Ezek alapján a gépek tudják, hogy az egyes PCB-k hol helyezkednek el, és ennek megfelelően végzik a műveleteket. [15]



4. ábra. Multiboard panel (16)

Összefoglalásként az látszik, hogy a PCB kialakítása a gyakorlatban sokkal többet számít, mint elsőre gondolnánk. Nem csak az a lényeg, hogy milyen rétegekből áll, hanem hogy mennyire stabil, mekkora a mérete, illetve hogyan lehet vele ténylegesen dolgozni a gyártás során. Ez főleg akkor jön elő, amikor már nem csak tervezési szinten nézzük, hanem konkrétan használni kell, ahol egy nem megfelelő kialakítás könnyen problémát okozhat.

Emiatt sok esetben már a tervezés előtt egyeztetnek ezekről a dolgokról, hogy később ne legyen gond. Így nem csak az számít, hogy működik-e, hanem az is, hogy a gyártás során ne okozzon problémát sem a nyáklapot gyártó félnek, sem a szükséges eszközöket, kereteket és szerszámokat tervező szakembereknek.

2.3 Forrasztási technológiák

A forrasztás az elektronikai ipar legfontosabb folyamata, amely során nem csak mechanikailag, hanem elektromosan is egy fix kötést biztosítanak az alkatrészek és a nyák között. A forrasztáskor nem csak kötést hozunk létre, hanem egy teljes áramkört. A megfelelő technológia kiválasztásához több fontos tényezőt kell megvizsgálni, a PCB paramétereit (méreteit, beültetendő alkatrészek típusait – felületszerelt, vagy furatszerelt), valamint a gyártás gyakoriságát és automatizáltságát. A legelterjedtebb technológiák közé tartozik a hullámforrasztás, a szelektív forrasztás, reflow forrasztás és a kézi (hagyományos) forrasztás.

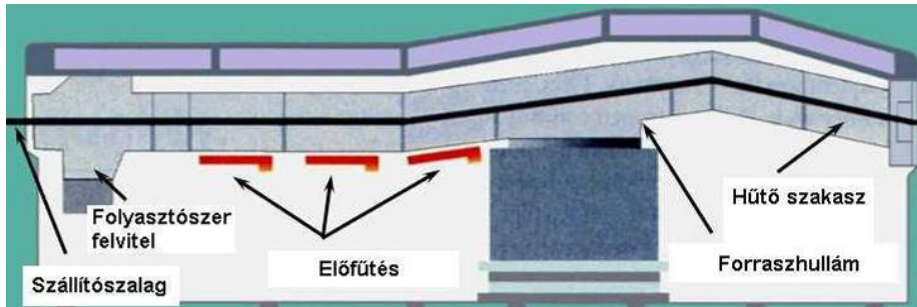
A forrasztási technológiák alkalmazásánál nem csak maga a folyamat a fontos, hanem az is, hogy az megfeleljen bizonyos ipari előírásoknak. A gyakorlatban leginkább az IPC J-STD-001 szabványt veszik alapul, amely a forrasztásra vonatkozó alapvető követelményeket írja le, például milyen anyagokat lehet használni, illetve milyen feltételek mellett kell a folyamatot elvégezni. Emellett az IPC-A-610 szabvány a kész kötések minőségét határozza meg, vagyis azt írja le, hogy egy forrasztás mikor tekinthető megfelelőnek, és milyen hibák nem elfogadhatók. Ezek a szabványok a gyakorlatban iránymutatást adnak, hogy a különböző technológiákat milyen feltételek mellett lehet biztonságosan és megbízhatóan alkalmazni. [17] [18]

A következő pontokban ezek folyamatát, felhasználási területeit, előnyeit, hátrányait és sajátosságait fogom bemutatni.

2.3.1 Hullámforrasztás

A hullámforrasztásnál elsősorban a furatszerelt (THT – Through Hole Technologie) alkatrészeket szokták forrasztani. A folyamat során egy alkatrészekkel ellátott nyákot egy szállítószalagra helyeznek, amely 3 fő részen mozgatja át kisebb-nagyobb sebességeltéréssel. A 3 fő részhez tartozik az előmelegítő zóna, aminél egy alsó oldalán folyasztószerrel ellátott nyákot és annak alkatrészeit felmelegítik, így biztosítva a folyasztószer aktiválását és az elemek felmelegedését. Az előmelegítéssel minimalizálhatjuk a jövőbeli hősokkot is. A következő lépésben a forrasztási zónába kerül a nyák, itt egy folyamatosan keringetett forrasztanyag hullámon vezetik át, ezzel a furatban található alkatrész lábak körül egy kötést hozunk létre. A végén egy hűtési folyamat megy végbe, ahol a létrehozott forrasztások megszilárdulnak. A hullámforrasztást leggyakrabban nagyobb darabszámoknál használják, mert teljesen automatizálható és költséghatékony folyamat, a hőérzékeny alkatrészek figyelembevételével. [1]

A folyamat során a megfelelő minőség eléréséhez fluxot alkalmaznak, amely egy olyan kémiai anyag, ami segíti a forrasztanyag megfelelő tapadását, valamint eltávolítja a felületen lévő oxidrétegeket. Ennek köszönhetően a forrasztás egyenletesebb és megbízhatóbb lesz. Mivel a hullámforrasztás során a teljes panel hőhatásnak van kitéve, ezért külön figyelmet kell fordítani arra, hogy az alkatrészek és a nyák is elviselje a hőterhelést. Ez különösen fontos vastagabb vagy nagyobb méretű panelek esetén.



5. ábra. Hullámforrasztás elvi vázlata [1]

2.3.2 Szelektív forrasztás

A szelektív forrasztást leggyakrabban vegyes beültetésű nyáknál használják. A vegyes beültetésnél a már elhelyezett felületszerelt alkatrészek után forrasztják a furatszereltek. 3 fő részre bontható, a pontszerű, multiwave és a merítő szelektív forrasztás. [1]

-Pontszerű forrasztásnál egyetlen forraszhullám jön létre, amelyet megfelelő pozicionálással a forrasztandó lábra irányítanak. (mozgatható a kémény és a nyák is külön-külön, de a gyakoribb, amikor a nyák pozícióban tartása közben a kémény mozog).

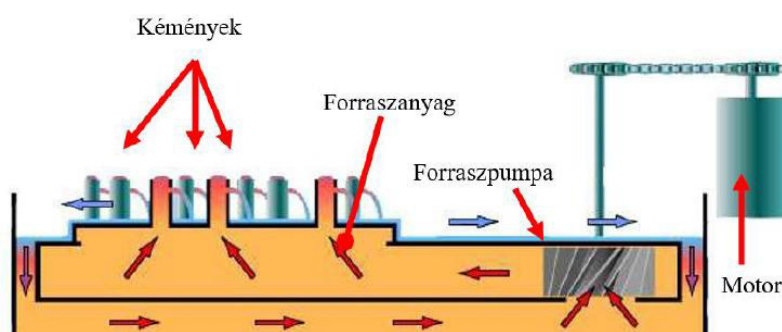
-Multiwave forrasztásnál egyszerre több pont is célba vehető, ezzel gyorsítva a folyamatot. Hátránya, hogy minden egyes termékhez külön forrasztószerszám szükséges.

-Merítő forrasztásnál a többi eljáráshoz képest bélyegekbe gyűjtik össze a megolvasztott forrasztanyagot, amelyeket egyidejűleg megemelve leforrasztja a forrasztani kívánt részeket. Hátránya, mint a multiwave folyamatnál, itt is egyedi szerszámokra van szükség

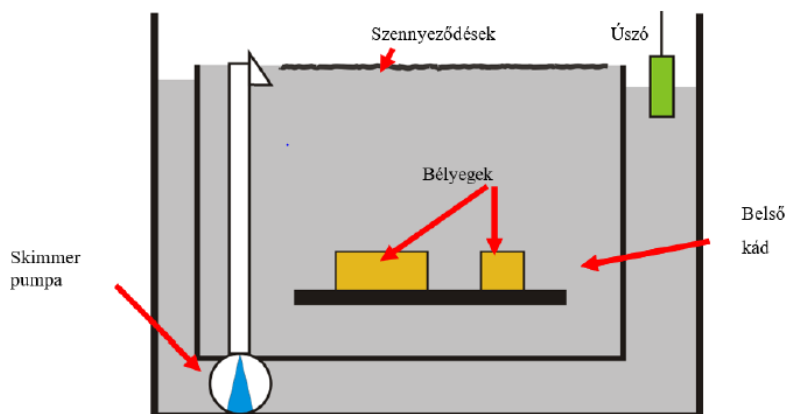
A szelektív forrasztásnál az a lényeg, hogy csak ott kap hőt a panel, ahol ténylegesen forrasztani kell, így a többi alkatrész nincs feleslegesen terhelve. Emiatt olyan helyeken használják, ahol a hullámforrasztás már nem lenne jó megoldás, például, ha érzékenyebb alkatrészek is vannak a panelen, vagy a kialakítás miatt nem lehet az egészet egyszerre forrasztani. A folyamat jól szabályozható, így a gyakorlatban pontosabban lehet dolgozni, és kisebb az esélye a hibáknak is.



6. ábra. Pontszerű szelektív forrasztás [1]



7. ábra. Multiwave szelektív forrasztás [1]



8. ábra. Merítő szelektív forrasztás [1]

2.3.3 Reflow (újraömllesztés) forrasztás

A felületszerelt alkatrészek leggyakoribb forrasztási módja, ahol egy forrasztáspasztát visznek fel az üres nyákra, és ezután helyezik el a megfelelő pozícióba az alkatrészeket, és egy 4 részből álló folyamaton keresztül leforrasztják őket. [1]

A folyamat fő lépései: [3]

- Elsőként egy előmelegítéssel kezdik, ahol lassan emelik a hőt, ezzel a hősokkot elkerülve
- Következő lépésben egy hőtartó zónába kerül a termék, ahol egy adott hőmérsékletet tartanak, hogy kialakuljon a megfelelő hőeloszlás
- A hőtartás után egy olvasztási zóna következik, ahol megolvad a felhelyezett forrasztópaszta, ezzel kötést létrehozva
- Végül jön egy hűtési szakasz, ahol a forrasztóanyag megszilárdul, de fontos tényező, hogy a gyors hűtés feszültségeket okozhat, a lassú pedig gyenge kötést.

A reflow forrasztás azért terjedt el ennyire, mert jól automatizálható, és pontosan lehet vele felületszerelt alkatrészeket forrasztani. A folyamat egyik legfontosabb része a megfelelő hőprofil beállítása, ami azt jelenti, hogy a panel milyen ütemben melegszik fel, mennyi ideig van adott hőmérsékleten, majd hogyan hűl vissza. Ha ez nincs jól beállítva, akkor hibák alakulhatnak ki, vagy akár az alkatrészek is megsérülhetnek. A gyakorlatban emiatt minden terméknél külön beállítják a kemence paramétereit, figyelembe véve a nyák és az alkatrészek tulajdonságait.

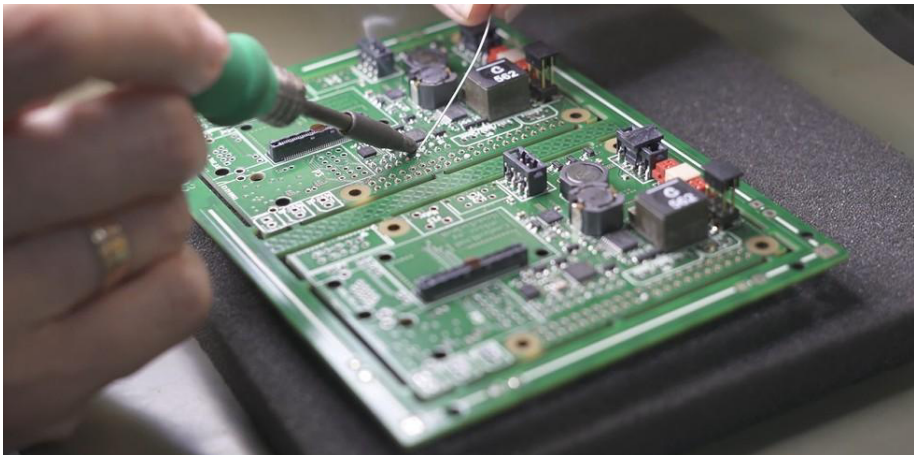
A forrasztópaszta megemlítése is fontos, hogy nemcsak a kötést hozza létre, hanem segít az alkatrészeket a helyükön tartani a folyamat elején. Tapasztalataim szerint gyakori hiba a nem megfelelő hőprofilból adódó probléma, például hideg kötés vagy elcsúszott alkatrész. A hideg kötés olyan hiba, amikor a forrasztó nem olvad meg rendesen, ezért a kötés gyengébb lesz, és nem biztosít megfelelő kapcsolatot.

2.3.4 Kézi forrasztás

A kézi forrasztás egy olyan hagyományos forrasztás, amit kisebb darabszámú gyártásnál, akár külsős cég beavatkozása nélkül házon belül is végrehajthatnak a dolgozók. Ezzel a folyamattal kisebb-nagyobb javítások elvégezhetőek, legyen ez a gépi forrasztási technológiák előtt, vagy után. Vannak speciális alkatrészek, amelyek olyan közel vannak a forrasztási részekhez, hogy nem, vagy csak részlegesen lehet létrehozni kötést. Ezeket elég gyakran utólag forrasztják rá a nyákra, kézi manuális úton.

Leggyakoribb módja a pákás forrasztás, amely egy szerszámmal történik, ezt melegítik fel és egy forraszhuzalt olvasztunk a kívánt területre, ezzel kötést létrehozva. Ez a folyamat nagy odafigyelést, forrasztó szerszámokat és szaktudást igényel. Ezeken kívül fontos szempont a megfelelő forrasztóanyag kiválasztása és a folyamat hőmérséklet szabályozása is. [3] [5]

Előnye, hogy rugalmasan használható folyamat, de nagyban függ a dolgozó tapasztalatától, ezért a minőség kevésbé egyenletes, mint automatizált folyamatok esetén. Gyakori hibák közé tartozik a túl sok vagy túl kevés forrasztóanyag használata, illetve a nem megfelelő hőmérséklet beállítása, ami gyenge kötést eredményezhet. Emellett előfordulhat az is, hogy a forrasztó nem terül el megfelelően a felületen, ami szintén hibás kötést okozhat. Mivel a minőséget a szakember befolyásolja, ezért kiemelten fontos a számára megfelelő munkakörnyezet biztosítása.



9. ábra. Kézi forrasztás [4]

A forrasztási technológiák után látható, hogy nem csak maga a folyamat számít, hanem az is, hogy milyen körülmények között történik. A gyakorlatban ehhez különböző segédeszközöket használnak, amelyek a technológiához és a nyáklap kialakításához igazodnak. Ezek az eszközök a gyártás során végig jelen vannak, és hatással vannak a folyamat megbízhatóságára is. A következőkben a forrasztókeretek olyan főbb típusait fogom bemutatni, amelyek a gyakorlatban a leggyakrabban előfordulnak és alkalmazásra kerülnek.

2.4 A forrasztókeretek főbb típusai

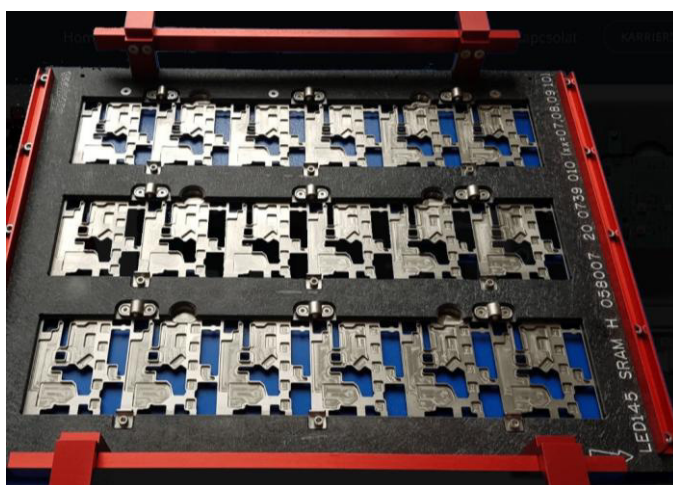
A PCB-k forrasztásához legtöbbször elengedhetetlenek a segédeszközök, mint a forrasztókeretek, vagy forrasztó jigek. Ezek segítségével nem csak a gyártósor hatékonysága nő, de teljesen automatizálhatóak a folyamatok és ezek mellett még a dolgozókat is segíti. A forrasztókereteket gyakran egyedi módon alakítják ki a forrasztandó nyák paramétereire igazítva. Lehet ez az anyaghasználat, vagy a hőérzékenység, PCB és az alkatrészek méretei és súlya miatt, de a költségekkel számolva készíthetőek univerzális termékek is, amellyel több kialakítású nyákokat is tudunk forrasztani. Fontos kiemelni, hogy a forrasztógépek esetében a konveyoros megoldás az egyik legelterjedtebb. Ilyenkor a forrasztókeret egy szállítószalagon halad végig a különböző technológiai lépéseken, így biztosítva az egyenletes és folyamatos gyártást. Ez a megoldás lehetővé teszi a folyamat automatizálását, valamint a termelés hatékonyabbá tételét.

2.4.1 Hullámforrasztó keret

A hullámforrasztó keretek leggyakrabban a furatszerelt alkatrészek gépi forrasztásánál használt szerszámok. A hullámforrasztó keret alkalmazásával egyszerre több nyák is forrasztható, amely jelentősen csökkenti az átállási időt. Ezek a termékek egyedileg kialakított szerszámok, melyeket úgy alakítanak ki, hogy a nyák forrasztandó oldalán csak a forrasztani kívánt alkatrészek lábait hagyják szabadon. Ez a folyamat azért jelentős, mert sok PCB hőre érzékeny alkatrésszel van ellátva és mivel a forraszhullám a nyák aljával érintkezik, a keret alján letakarásokat, vagy zsebeket hozunk létre, ezzel megvédve őket. A PCB-ket legtöbbször a pozícionálást figyelembe véve, vagy egy szűkebb fészekbe helyezik, vagy pozícionáló alkatrészekkel látják el a keretet, hogy a termék megfelelő helyen maradjon. Ezek a keretek nagy hőbírással kell, hogy rendelkezzenek, ezért hőálló kompozitokból gyártják, mint például a fekete színű Durostone CAS761 anyag, aminek a folyamatos üzemeltetés során a maximum hőbírása 300°C. [1] [6]

Fontos szempont még, hogy a keretek legtöbbször el vannak látva felszerelt alkatrészekkel, például körbe a kereten merevítést helyeznek el, vagy a PCB-t egy leszorító alkatrész tartja a helyén, ezeket is az elektromos kisülés, és magas hő miatt olyan anyagból kell gyártani, hogy ne okozzon gondot a termelésben. Az alkatrészek csavarozásakor a

kötőelemek anyaga is fontos, mert a forraszanyag ráragadhat, ezzel megnehezítve az utólagos szereléseket, munkálatokat. Az alkatrészek elhelyezkedésétől függően a kereteket többször egy egyedi titánbetéttel látják el, ezzel a kisebb falvastagságot és szintén a nagyobb hőbírást biztosítva. Ezeket a kereteket legfőként sorozatgyártásban használják, és jelentősen hozzájárul az egyenletes forrasztási minőség eléréséhez. Fontos megjegyezni, hogy ezek a keretek minden panelnél egyedi kialakítást igényelnek, ezért minden panelhez külön keret tartozik.



10. ábra. Titánbetétes hullámforrasztó keret [7]

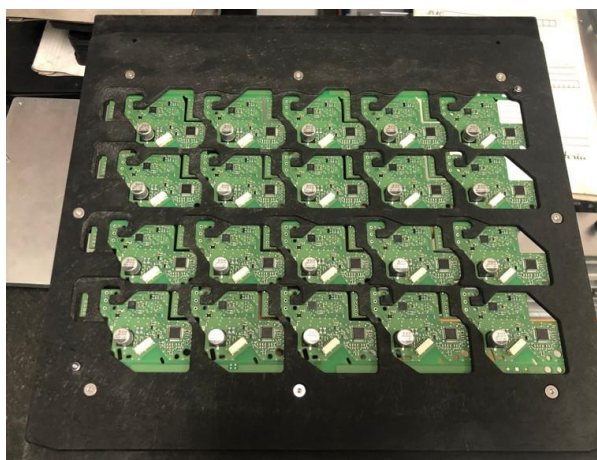
2.4.2 Szelektív forrasztó keret

A szelektív forrasztó kereteket általában a vegyes alkatrész beültetés esetén szokták alkalmazni, ahol a nyákon felület és furatszerelt alkatrészek is találhatók. Mivel a szelektív folyamatot legtöbbször egy forrasztófej végzi, ezért a keret kinyitásait és zsebeit ehhez kell kialakítani. Ezek a keretek lehetnek akár teljesen nyitottak (az alkatrészeketől függően), vagy csak a forrasztási pontokat szabadon hagyva, ezzel a forrasztófejnek a megfelelő hozzáférést biztosítva. [1]

Mint a hullámforrasztó kereteknél ennél az esetnél is elengedhetetlen szempont az anyagválasztás. Jelen esetben is elérheti a hőmérséklet a több száz fokot, így hőállóság szempontjából ehhez a termékhez is gyakran Durostone anyagot használnak. A könnyebb megkülönböztetés érdekében szokták alkalmazni a szürke fajtáját a Durostone CAG762, amely tulajdonságai szinte azonosak a feketével és kibírják a maximum 300°C-ot. A

kialakítás szemléltetésére egy saját céges fényképet használok, ami megmutatja a keret alsó oldalán a szinte teljes kinyitást, a multipanel méretei miatt a panel alatti átkötéseket merevítés céljából és a szabadon hagyott alkatrészeket. [1] [8]

A gyakorlatban ezeknél a kereteknél kiemelten fontos a pontos kialakítás, mivel a forrasztófej csak a meghatározott pontokon/vonalakon dolgozik. A nem megfelelően kialakított nyílások, vagy pozicionálás könnyen hibás forrasztást eredményezhet, ezért a tervezés során nagy figyelmet kell fordítani a méretezésre és az illeszkedésre.



11. ábra. Szelektív forrasztó keret (alsó oldala) [saját készítés]

2.4.3 SMT forrasztó keret

Az SMT forrasztó kereteket a felületszerelt alkatrészek forrasztásánál használják, ahol a Reflow folyamatra alapozva egy pontos pozíciót szükséges létrehozni a kereten a nyák számára, mivel a keret egyben a nyák védelmét is biztosítja, fontos ennél a keretnél is az alapanyag. [1]

Azonos anyagból készülnek általában, mint a hullámforrasztó keretek, de mivel a folyamatok nagy része a felső oldalon történik, a PCB felső rétegén kívül kilógó keret alkatrészek nem lehetnek jelen. Legtöbbször a tervezéskor a panel fészeknek és a keretre felszerelt pozicionáló alkatrészeknek is túrt méreteket határozzunk meg, hogy a keret felső síkja felé csak a panel teteje kerüljön.

Ezeknél a kereteknél kiemelten fontos a síklapúság és a stabil rögzítés, ezt legtöbbször egy húzórugós alkatrész beszerelésével szoktuk biztosítani, amely a panelt egy fix

pozícióban tartja. Több esetben kérnek az ügyfelek plusz kivágásokat a keretre, hogy a hő átjárja a munkaterületet.

A gyakorlatban az SMT forrasztó keretek alkalmazásának célja az is, hogy a gyártási folyamat gyorsabb és hatékonyabb legyen. Az előzőleg bemutatott forrasztókeretekhez képest ezek tervezése általában egyszerűbb és gyorsabb, mivel kevesebb speciális kialakítást igényelnek. Emiatt rövidebb idő alatt elkészíthetőek, ami előnyt jelent a gyártásuk során is. Ez a fajta keret különösen fontos a folyamat automatizálásában és gyorsításában, illetve ott, ahol gyakori termékváltás történik.

A képen a keret húzórugós pozicionáló alkatrészei is látszódnak, illetve az ügyfél által előre meghatározott panel elhelyezése és menet irányának jelölése.



12. ábra. SMT / Reflow forrasztó keret (felső oldala) [saját készítés]

3 Univerzális forrasztókeret bemutatása

Az elektronikai iparban többször kis szériás és kis darabszámú termékeket is gyártanak, ezért költséghatékony legalább egy univerzális forrasztókeret beszerzése a gyártók számára. Ezeknek a forrasztókereteknek teljesen egyedi igényeknek kell megfelelniük, legyen ez egy minimum-maximum behelyezhető nyák mérettartománya, darabszáma, vagy akár a forrasztógépekhez igazított keret paraméterek (hőmérséklet, gép szállítószalagjának méretei, behelyezhetőség, magasság). Ezeken a kereteken a saját tapasztalataim alapján, a megfelelő forraszhullám magasság és paramétereinek beállításával akár hullámforrasztás és szelektív forrasztás is végrehajtható.

A probléma az, hogy a hagyományos forrasztókeretek általában egy adott nyáklaphoz készülnek, ezért többféle termék gyártása esetén minden esetben külön keretre van szükség. Az univerzális forrasztókeretek célja, hogy ezt a problémát csökkentsék, és többféle nyáklap befogadását tegyék lehetővé egyetlen szerszámmal.

A keretek tervezésénél létfontosságú figyelembe venni a gépben létrejött hőmérsékletváltozásokat, az ESD védelmet és ez alapján dönteni az anyagválasztásról. Általában az univerzális kereteket is a megszokott módon a korábbi szövegekben említett anyagokból szokták gyártani. Egyéni igények alapján több fajtája is lehet egy ilyen keretnek, de legtöbbször fix fészkes és megadott mérettartományon belül helyezhető bele a PCB, vagy van belső forgatható részes termék is, amely során előre letesztelhető, hogy a forrasztás milyen szögben menjen végbe, amik által a gyártás rugalmasabbá válik, és csökkenthető a szükséges szerszámok száma.

A keretek gyakran eloxált alumínium alkatrészeket is tartalmaznak. Az eloxálás egy olyan elektrokémiai folyamat, amely során egy oxidréteget hozunk létre az anyag felületén elektromos áram segítségével egy fürdőbe helyezve. Ezeket a felületeket színezni is szokták megkülönböztetés, vagy egyéni érdekek szempontjából. Az alumínium alkatrészek eloxálásával egy kopásálló, korrózióálló felületet hozunk létre. [9]

A dolgozatomban egy termék teljes felépítését részletezem a tervezésén keresztül a gyártásig és az ellenőrzéséig, saját fényképekkel alátámasztva azokat.



13.ábra. Egy univerzális forrasztó keret [saját készítés]

3.1 A forrasztó keret megtervezése

A szakdolgozatomban bemutatok egy forrasztókeret tervezési folyamatot és technológiáját. Egy gyakorlati példával megmutatva láthatóak lesznek a felmerülő kihívások és azok megoldásai. A már említett univerzális forrasztókeret kerül megtervezésre, amelyet azért választottam, mert tapasztalataim szerint ezeket kell a legtöbbet karbantartani, hogy a keret strapabíró és használható maradjon. Ezek után bemutatom, hogy milyen típusú karbantartási feladatok merülnek fel egy ilyen termékénél.

3.1.1 Tervezési előírások és alkalmazott követelmények

A forrasztókeret tervezése során a geometriai kialakítás mellett kiemelt szerepet kapnak a mechanikai, anyagbeli és technológiai követelmények, amelyek közvetlenül befolyásolják a keret működését a gyártási környezetben. A tervezés során ezek a szempontok figyelembevételével történik meg a méretek, anyagok és szerkezeti kialakítások meghatározása.

A méretezés során a keret alkatrészeinek tűréseit a DIN ISO 2768 szabvány alapján határoztam meg, amely általános tűréseket ad meg lineáris és alak méretekre. A tervezés során a „fine” (f) tűrésosztályt vettem alapul, amely szűkebb tűréstartományt biztosít a pontos illeszkedés érdekében. A szabvány alapján például 30–120 mm mérettartományban $\pm 0,15$ mm eltérés megengedett. [19]

A PCB fészkek kialakításánál oldalanként jellemzően 0,2–0,3 mm ráhagyást alkalmaztam. Ennek oka, hogy a gyártott panelek méreteltérése elérheti a $\pm 10\%$ -ot, ezért szükséges a megfelelő illesztési hézag biztosítása. A megfelelő ráhagyás biztosítja, hogy a panel behelyezése minden esetben könnyen elvégezhető legyen, miközben a pozicionálás pontossága is megmarad.

A panel rögzítését rugós kialakítású leszorító elemek biztosítják, amelyek a PCB felső síkja alá körülbelül 0,2 mm-rel kerülnek elhelyezésre. Ezáltal a rugóerő folyamatosan a keret felé nyomja a panelt, biztosítva annak stabil helyzetét a forrasztási folyamat során.

A keret kialakításánál figyelembe kellett venni a forrasztógép konvejtór méretét is. Ez a méret a tervezés során kritikus paraméternek tekinthető, mivel közvetlen hatással van a keret gépben történő továbbítására. A vizsgált esetben a szállítószalag névleges szélessége 400 mm, amelyhez $\pm 0,3$ mm tűrés tartozik. Emiatt a keret szélességét úgy kellett meghatározni, hogy az a lehető legjobban közelítse ezt az értéket, elkerülve a túl laza vagy túl szoros illeszkedést, amely a gyártás során problémát okozhat.

Az anyagválasztásnál elsődleges szempont volt a magas hőállóság és a mechanikai stabilitás. A fő keret Durostone CAS761 anyagból készül, amely kifejezetten forrasztási környezethez fejlesztett kompozit, és jól ellenáll a több száz °C-os hőterhelésnek, valamint a vegyi hatásoknak. Korábbi tapasztalatok alapján más kompozit anyagoknál rétegszétválás és deformáció is előfordult, ezért indokolt volt a megfelelő anyag kiválasztása. Ezáltal biztosítható a hosszú távú mérettartás és a megbízható működés a forrasztási ciklusok során. [6]

A keret kiegészítő elemei között ESD biztos műanyag alkatrészek, valamint alumínium (6065, 7075) és KO33 acél elemek is megtalálhatók. Az ESD védelem kiemelten fontos, mivel az elektrosztatikus kisülések károsíthatják a PCB-n található érzékeny alkatrészeket, ezért a felhasznált anyagoknak alkalmasnak kell lenniük ilyen környezetben történő

használatra. Ennek érdekében a keret kialakításánál és az anyagválasztásnál is figyelembe kell venni az elektrosztatikus tulajdonságokat, valamint szükség esetén ellenőrizni kell azok megfelelőségét.

A szerelési elemek kiválasztásánál korrózióálló A2 és A4 minőségű csavarokat alkalmaztam, gyakran bevonattal ellátva annak érdekében, hogy a forrasztanyag ne tapadjon meg rajtuk, így biztosítva a későbbi szerelhetőséget. A csavarkötések lazulásának megakadályozására menetrögzítő anyag használata is indokolt.

A keret merevségének biztosítása érdekében különböző keresztmetszetű merevítő elemek kerülnek alkalmazásra. Kisebb méretű kereteknél jellemzően 10×10 mm, nagyobb, például 500×400 mm méretű kereteknél pedig 20×10 mm keresztmetszetű merevítéseket alkalmazunk. A gyakorlatban elfogadható alakváltozás mértéke körülbelül 0,2–0,5 mm, ennél nagyobb eltérés már nem megfelelő gyártást jelez. A megfelelő merevség biztosítása elengedhetetlen a hosszú távú használat és a pontos működés szempontjából.

A felületi kialakításnál szintén fontos szempont a tartósság és az azonosíthatóság. A keretbe mart jelöléseket hőálló festékkel emelik ki, amely ellenáll a magas hőmérsékletnek és a tisztítási folyamatoknak is.

A tervezés során több esetben kompromisszumot kellett kötni a különböző szempontok között. Például a nagyobb merevség eléréséhez vastagabb anyagot vagy több merevítést kell alkalmazni, ami viszont növeli a keret tömegét. Emiatt törekedtem arra, hogy a keret kellően merev legyen, de ne legyen indokolatlanul nehéz vagy túlméretezett.

Fontos szempont volt a szerelhetőség is. A csavarkötések és rögzítő elemek elhelyezésénél arra figyeltem, hogy azok könnyen hozzáférhetők legyenek, így egy esetleges javítás vagy módosítás gyorsan elvégezhető. Ez a gyakorlatban sokat számít, mivel a kereteket folyamatosan használják, és időnként szükség van beállításokra vagy kisebb javításokra.

A kialakítás során figyelembe vettem azt is, hogy a keret többféle panel befogadására alkalmas legyen. Az állítható elemeknél ezért fontos volt, hogy könnyen lehessen mozgatni őket, ugyanakkor a beállított pozíció stabil maradjon. A cél az volt, hogy a keret gyorsan átállítható legyen különböző méretű panelekhez, és ne igényeljen bonyolult beállítást a használat során.

Összességében a tervezés során nem egyetlen szempontot vettem figyelembe, hanem több tényezőt egyszerre, hogy a keret a gyakorlatban is jól használható és megbízható legyen.

3.1.2 Tervezési folyamat bemutatása

A forrasztókeret tervezésekor első lépésként felmérjük és informálódunk az PCB sajátosságairól:

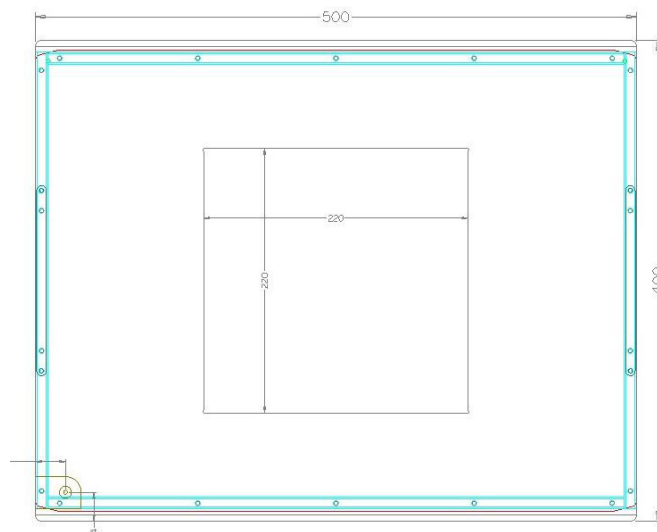
- mérete és alakja (hossz, szélesség, vastagság, kivágások, furatok, alakja szerint jobb, ha szögletes, nem pedig íves a megfelelő pozicionálás érdekében)
- hőérzékenység (fontos, mert univerzális keretnél főként kinyitásban lesz a PCB, találhatóak-e rajta hőre érzékeny alkatrészek)
- alkatrész elrendezés (egyoldalas, vagy kétoldalas beültetés, nehéz, magas alkatrészek elhelyezkedése, illetve a PCB szélei közelében vannak-e alkatrészek)
- panelizálás (egyetlen PCB, vagy több PCB egy panelen)
- alátámasztási igények (fontos, mert egy univerzális keretnél legtöbbször csak a PCB szélei alatt van megtámasztás, nehéz, vagy nagy méretű nyák esetén, nem minden esetben jobb, mint saját hullámforrasztókeretet tervezni neki)

A PCB legfontosabb tulajdonságait alaposan átvizsgálva megnézzük, hogy milyen méretekkel rendelkező keretre lesz szükségünk. Jelen esetben egy forgatható mechanizmussal ellátott univerzális keret kerül megtervezésre, amelybe a maximálisan behelyezhető PCB méretei 220x220x1.6mm. A forrasztógép maximálisan szélesség/vastagság befogadó képessége 400.4mm, ezért ezt alapul véve a keretünk méretei: hossza 500, szélessége 400, a vastagsága 8mm. A maximális méretet minden esetben az ügyfél határozza meg, jelen esetben ez 220x220mm. Ez a méret egy felső határ, amelyen belül kisebb panelek is behelyezhetők, így a kialakítás univerzálisnak tekinthető, mivel különböző méretű PCB-k is használhatók ugyanazzal a kerettel.

A forrasztógépben a folyamat közben a hő elérheti az akár több száz °C-ot is, ezért egy hőálló kompozitot választunk keret anyagnak a Durostone CAS761-et, amely folyamatos használat során, maximum 300°C-on üzemeltethető, illetve ESD védelmet nyújt az elektromos töltés vezetés ellen. [6]

Az anyag kiválasztásánál fontos szempont volt a megbízhatóság. Korábbi tapasztalatok alapján rétegelt kompozit anyagoknál előfordult rétegszétválás, különösen mozgó alkatrészek esetén, ezért esett a választás Durostone anyagra. Emellett a kompozit anyagok hővezetése kisebb az alumíniumhoz képest, így kevésbé melegszenek át a forrasztási folyamat során.

A keret megtervezése alapvetően AlphaCAM-ben történik, egy CAD/CAM szoftverben, mert ez közvetlenül alkalmas gyártáshoz szükséges 2D műhelyrajzok, marópályák és CNC kódok elkészítésére is. A program használata lehetővé teszi a pontos megmunkálási folyamatok megtervezését. A gyakorlatban az AlphaCAM-es tervezéssel kezdünk, majd a Solidworks általi 3D ellenőrzés az eljárás a cégünkénél, mivel az NC program előállítása az elsődleges a gyártás szempontjából. Az utóbbiak ismeretében már el tudjuk kezdeni a tervezést, megrajzolni az alapokat. [10] [11]

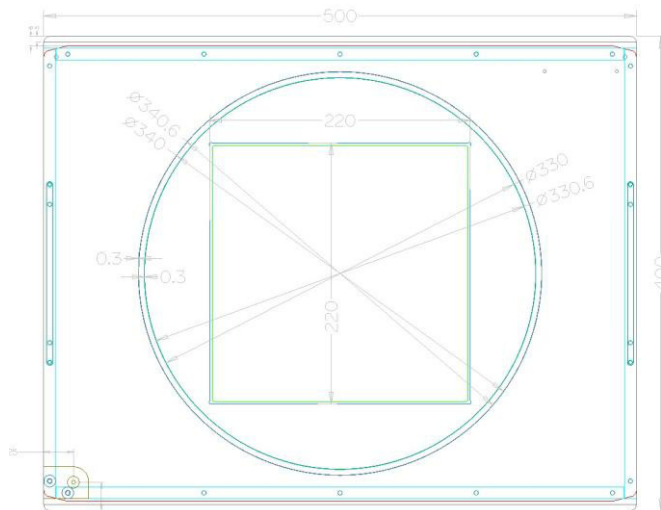


14. ábra. Forrasztó keret terv alapok (saját készítés)

Az alapok megrajzolása után a cégnél alkalmazott belső tervezési szabványokat és korábban bevált konstrukciókat alapul véve, megrajzoltam a PCB fészket, oldalanként a maximálisan behelyezhető nyákra ráhagyva 0.2mm-t, ezek sarkaiban pedig elhelyeztem szerszám elvezető részeket, amelyeket a fészek kialakításánál figyelembe kellett venni a megmunkálási technológiát együtt. Marással a belső sarkok nem alakíthatók ki élesre, ezért a marószerszám sugara miatt kellene ezek a szerszámelvezetők. Következő lépésben a belső forgatható részt alakítottam ki, itt figyelembe véve a fészek méreteit. A belső részt

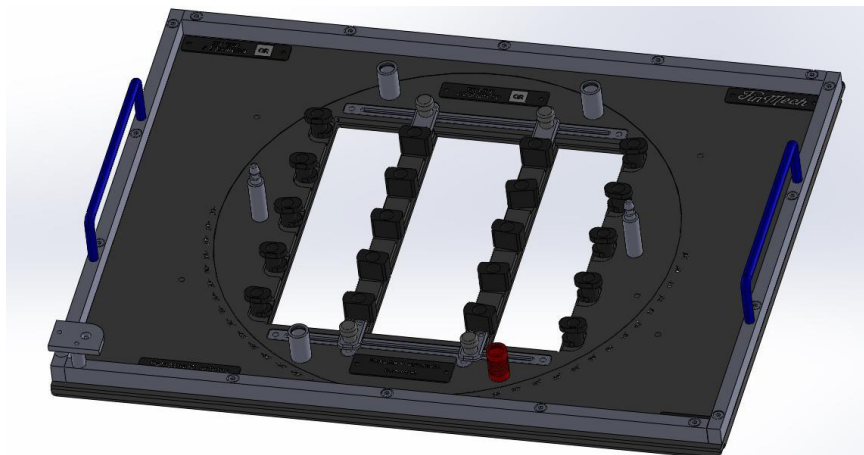
egyszerűen egy lépcsőre ültetjük, ezzel biztosítva forgómozgását. A már megrajzolt kör alak méreteiből kifolyólag 30mm széles anyag marad a keret széléhez képest, ezért egy, a cégnél alkalmazott 20x10mm méretű tömör alumínium profilt fogunk használni a keret merevítéséhez.

A forgatható kialakítás alkalmazására azért volt szükség, mert a panelen található csatlakozók lábai sok esetben sorosan helyezkednek el. Hullámforrasztás során ezek egymást takarhatják, ha a panel nem megfelelő szögben halad át a forraszhullámon. A forgatás lehetővé teszi az optimális szög beállítását, így minden forrasztási pont megfelelően érintkezik a hullámmal.



15. ábra. Forrasztó keret belső részének kialakítása (saját készítés)

A soron következő műveletben egy sínrendszeres megoldást terveztem a lécek elhelyezésére. A sín egy nűtot tartalmaz, amelybe betét kerül, a betét mindkét oldalán 0,2mm ráhagyással biztosítjuk a lécek lineáris mozgását. A lécek tetszőleges pozícióban rögzíthetők, a forrasztandó PCB méretéhez igazítva. A nyák stabil elhelyezéséhez a cégnél alkalmazott rögzítő elemeket használtam fel, melyeket arányosan elosztva lehetővé teszik a pontos pozíció megtartását. A PCB vastagság eltérései miatt rugós rögzítő elemek (fixingek) kerültek elhelyezésre, ez a kialakítás biztosítja, hogy minden esetben megfelelő leszorító erő alakuljon ki, így a panelek a helyükön maradnak. A fixingek a kereten és a léceket is helyet kaptak. A sínrendszeres kialakítás célja, hogy a lécek egyszerűen és megvezetve mozgathatók legyenek. A könnyebb mozgathatóság érdekében alumínium fogantyúkat is helyeztem el amelyeket tartunk raktárkészleten.



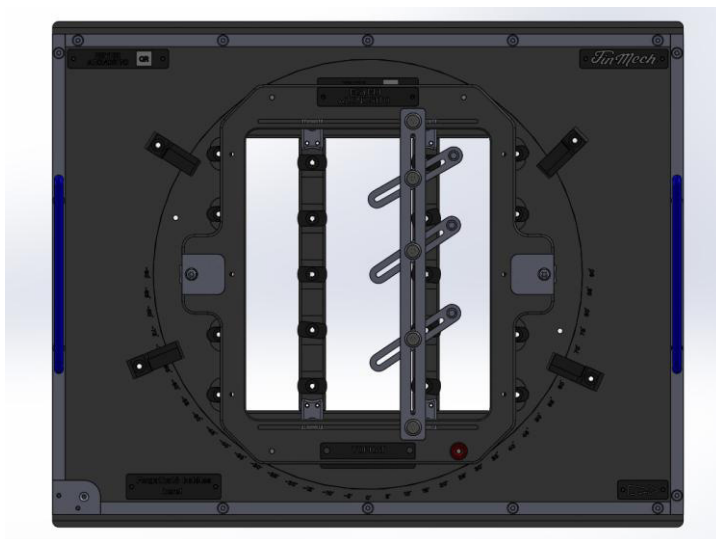
16. ábra. Belső rész sínes rendszere és alkatrészei (saját készítés)

Ezt követően a felső leszorításra gondolva egy zár szerkezettel rögzíthető szintén Durostone anyagból készült felső lapot terveztem meg, amely egy kisebb mozdulattal megfelelő állásba helyezhető. Mivel a PCB bármelyik pozícióban jelen lehet, ezért állítható rugós lenyomó tengelyek segítségével könnyedén a forrasztandó alkatrészekre pozícionálhatunk. Ezekből a rugós lenyomókból több fajtát rendszeresítettünk a munkahelyemen, erről raktárkészlet van vezetve, mely elősegíti a gyorsabb tervezést. A lenyomó egy perselyen keresztül végez mozgást, ha épp leszorít egy alkatrészt a nyákra. Ezek a perselyek furatai előírt D7H7 tűréssel rendelkeznek, ezzel biztosítva a megfelelő helyzetüket. A leghosszabb cég által szabványosított lenyomót választottam, egy 0.5mm huzalvastagságú acélrugóval és egy biztosító gyűrűvel szerelve (ez a rugó az átláthatóság kedvéért nem látható), hogy egyaránt használható és állítható legyen alacsony, illetve magas alkatrészekhez is. A felső leszorítón, vagyis az általunk TOPHAT-nek nevezett összeszerelt alkatrészen egy nagy kinyitást helyezek el a megfelelő hőáramlás és mozgás érdekében. A biztonságot előtérbe helyezve a kellően nagy hőtermelés miatt, alumínium U-profil merevítőket teszek a tophat alsó oldalára.



17. ábra. Felső leszorító szerkezet (saját készítés)

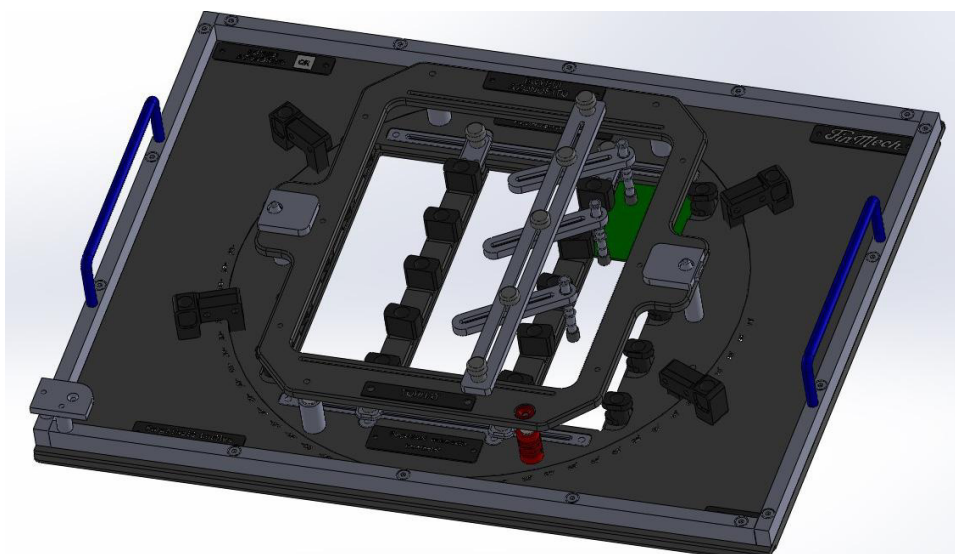
A belső forgatható keretet rugós megfogók használatával fogjuk tudni lefogatni, ezeket Clamp-nak hívjuk. A Clampok ESD Pom-C anyagból készülnek, melyek szintén hőállóak, illetve nem vezetik az áramot. A legtöbb forrasztógép egy kamerával (QR kód olvasóval) rendelkezik, ezért a megfelelő azonosíthatóság miatt a kereten elhelyeztem gravírozott táblákat, ezekből az egyik a termék számát és más igény szerinti információkat tartalmaz. Legtöbbször egy haladási irányt jelző tábla is szerepel a kereteken, jelen esetben is szükség volt rá, ezeket előre megadják. A többi termékre is felkerülnek a táblák ezzel elősegítve a termékkel dolgozók munkáját. A táblákra a feliratokat egy lézergravírozó géppel készítjük el. [13]



18. ábra. Belső forgatható rész Clampokkal ellátva (saját készítés)

A forrasztókeretre az alumíniumból készült alkatrészek natúr szürke színre eloxálva kerültek felhelyezésre. A keret megtervezése után 2D, illetve 3D-ben is különböző méretű nyáklapokat helyezünk el a tervben pontos illeszkedés, megfelelő rögzítések és a jól működő felső leszorítók ellenőrzése érdekében.

A modellt 3D környezetben az alkatrészek közötti kapcsolatokat kényszerek segítségével vizsgáltam, így ellenőrizhető volt a mozgó elemek működése és a rögzítések megfelelősége. Ez lehetővé tette a hibák kiszűrését még a gyártás előtt.



19. ábra. Forrasztó keret kész 3D modellje (saját készítés)

Az ellenőrzésünk után kezdetét veheti a gyártás megtervezése és előkészítése.

3.1.3 Gyártási folyamat előkészítése, tervezése

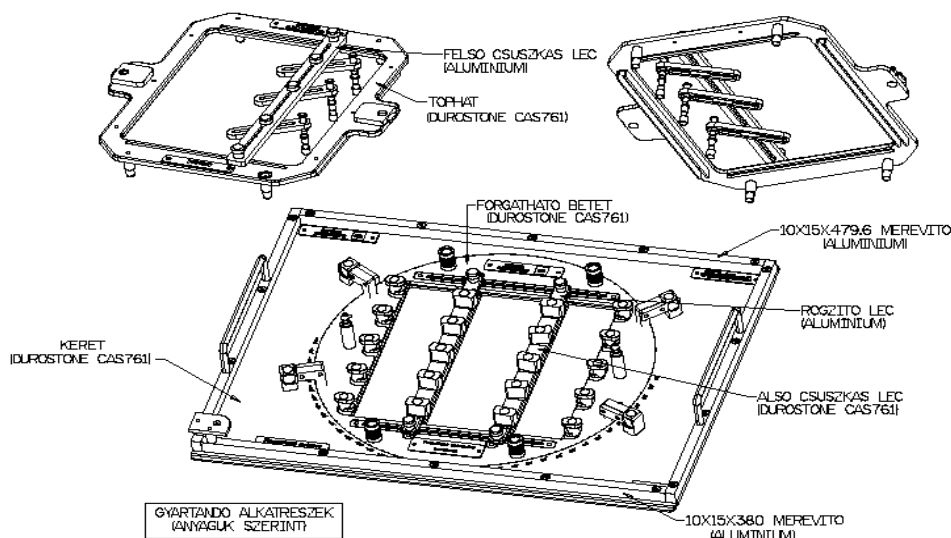
A forrasztókeretek gyártása nem a gépeknél kezdődik, hanem már jóval korábban, a megfelelő előkészítéssel. Tapasztalataim alapján ez az egyik legfontosabb része a folyamatnak, mert ha itt hiba csúszik a rendszerbe, az később a gyártás során biztosan problémát fog okozni. A gyártás első lépése minden esetben az ügyfél visszaigazolása. Ez azt jelenti, hogy a készített modellnek és rajzoknak teljes mértékben meg kell felelniük a megrendelő elvárásainak. Amíg ez a visszajelzés nem érkezik meg, addig tényleges gyártás nem indulhat el. Ilyenkor legfeljebb az előkészítő feladatokat lehet elvégezni, például a gyártási dokumentációk vagy darablisták összeállítását.

GYÁRTÁS KÍSÉRŐ LAP									
Aktuális rendelés		Legutóbbi		db		Alárírás		db	
Programnév		Termék		db		Alárírás		db	
1									
2									
3									
4									
5									
6									
7									
8									
9									
10									
11									
12									
13									
SZERELŐ MEGMUNKÁLÁS									
Dátum db Alárírás									
JELELT MÉRTEK ELLENŐRZÉSE, ALKATRÉSZEK UTÓLAGOS MEGMUNKÁLÁSA (MÉRTELEK, SZÁJAZÁS, FÜRÉS, STB.) MŰHELYNYILVÁNYOK ALAPJÁN									
Megjegyzések a gyártás során előforduló problémákra									
Javított KESZ									

EGYEDI AZONOSÍTÓ									
Formakódok: PRODUKCIÓ		Dátum: 2020.03.21		Szakember:					
Darablista									
Part.No	Megnevezés	Mennyiség	Anyag	Vastagság	Bevonat	Külső Alkatrész			
1	KERET	1	1	1					
2	10 X 15 X 478.5 MEREVÍTŐ	2	2	Alumínium	15	Natur e.			
3	10 X 15 X 380 MEREVÍTŐ	2	2	Alumínium	15	Natur e.			
4	FURATTÁV 150 FOGANTYÚ	2	2	Alumínium	8	KÉK SZILIKON			
5	POM CLAMP	4	4	ISO POM-C	15				
6	GRAVÍR TÁBLA (KERET)	4	4	Alumínium	1	Fekete e.			
7	GRAVÍR TÁBLA (TOPHAT)	2	2	Alumínium	1	Fekete e.			
8	TUSKÓ	3	3	Alumínium	15	Natur e.			
9	TUSKÓ	1	1	Alumínium	15	Piros e.			
10	FIXING (PROCCSONTOTT)	10	10	ISO M6X8HAG					
11	FIXING (GYÁRTOTT)	10	10	ISO POM-C					
12	ALLI BETET	2	2	Alumínium	5	Natur e.			
13	RÖGZÍTŐ LÉC	4	4	Alumínium	3	Natur e.			
14	TEKERENYŰ	9	9	ISO M6X8HAG					
15	ALSO CSÚSZKÁS LÉC	2	2	CSM-Black	8				
16	CSÚSZKÁS BETET	9	9	ISO	2				
17	TOPHAT	1	1	CSM-Black	4				
18	FELSŐ CSÚSZKÁS LÉC	1	1	Alumínium	6	Natur e.			
19	TOPHAT JELELT KORONG	1	1	Alumínium	3	Piros e.			
20	TOPHAT ZÁR + SEMM PILLAR	2	2	AluBolt					
Módosítás nélkül gyártható.									

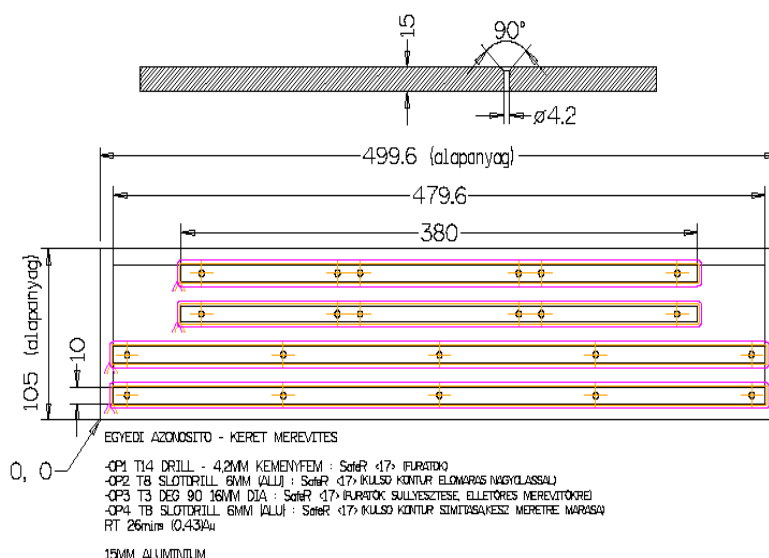
20. ábra. Gyártási lap, Darablista (saját készítés)

A visszaigazolás után következik az alkatrészek felmérése. Itt minden egyes elemet külön megvizsgálunk abból a szempontból, hogy milyen anyagból fog elkészülni, és ennek megfelelően melyik gépen gyártható le. Cégünknel a különböző gépek anyag szerint vannak „felosztva”, tehát van, amelyik például alumíniumhoz van használva, másik kompozit anyaghoz, illetve vannak olyan gépek is, amelyek speciális anyagok, például titán megmunkálására alkalmasak. Ezután az alkatrészeket csoportosítjuk, és az így kapott információkat továbbítjuk a gyártásvezetőnek. Ez azért fontos, mert így már előre tud kalkulálni a gyártási idővel, terheléssel és határidőkkel.



21. ábra. Gyártandó alkatrészek előkészítése (saját készítés)

A következő lépés a CAD rajzok előkészítése. Az egyedi gyártású alkatrészek esetében minden elemhez külön megmunkálási program készül. Ez azt jelenti, hogy az alkatrészeket külön-külön exportáljuk 3D-ből 2D-be, és mindegyikhez saját szerszámozást készítünk. Ez elsőre időigényesnek tűnhet, viszont hosszú távon sokkal átláthatóbbá és biztonságosabbá teszi a gyártást. A szerszámozás az AlphaCAM programban történik. Itt állítjuk be, hogy melyik szerszám milyen pályán mozogjon, milyen irányban forogjon, és hogyan munkálja meg az adott geometriát. (Példaképp a 21-es ábrán a forrasztó keret merevítése)



22. ábra. Gyártandó alkatrészek előkészítése (saját készítés)

A szerszám kiválasztása mindig az adott anyagtól függ. Például más szerszámot használunk kompozithoz, mint alumíniumhoz. A cégnél bevált gyakorlat szerint mindig többélű, kétélű, keményfém és gyorsacél szerszámokkal dolgozunk, ez attól is függ, hogy milyen feladatot kell elvégezni. A szerszámozás után a szükséges információkat dokumentáljuk. A gépkezelők és szerelők számára programlapok készülnek, amelyeken feltüntetjük a fontos méreteket, ellenőrzési pontokat, valamint az esetleges utólagos megmunkálásokat. Ezek nagyban segítik a gyártás során a pontos munkavégzést. A programokat ezután ellenőrizzük, majd egy posztprocesszor segítségével átalakítjuk olyan formátumba, amit az adott CNC gép (például Fadal típusú gép) már kezelni tud. Ez egy kötelező lépés, mert minden gép más „nyelvet beszél”. A programok elkészítése után a már korábban 19-es ábrában bemutatott gyártási lapon kerül felvezetésre a programok neve egyedi azonosítóval ellátva, illetve a darabszám, hogy miből mennyit kell legyártani. Ezek nemcsak a gyártást segítik, hanem egyfajta ellenőrzési rendszerként is működnek. Ha például egy alkatrész kimarad a listából, az azonnal észrevehető. Így ez egy egymásra épülő, több lépésös ellenőrzési folyamatot alkot.

A projektekhez minden esetben külön mappát hozunk létre, amely tartalmazza az összes szükséges információt: cég nevét, azonosítót, darabszámot, határidőket, illetve a programokat és dokumentumokat. Ez a rendszer segít abban, hogy később is könnyen visszakereshető legyen minden adat. A gyártás ténylegesen a gyártásvezető ütemezése alapján indul el. A munkák sorrendjét elsősorban a határidők határozzák meg.

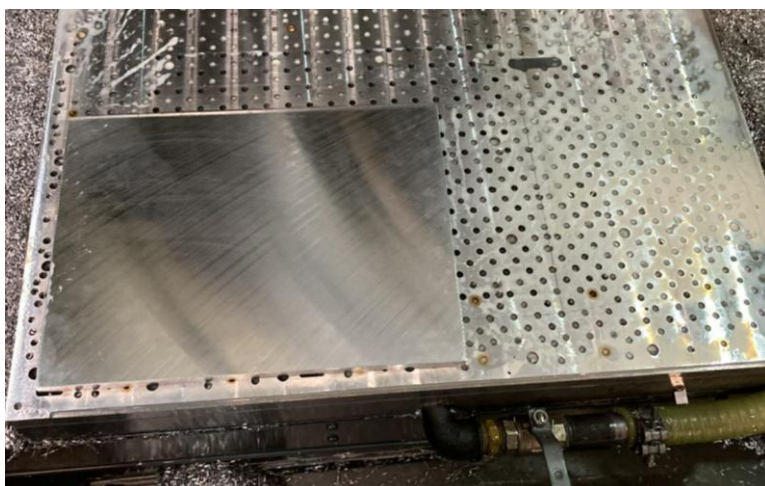
A szerszámozás megtervezése során figyelembe kellett venni az alkalmazott anyagokat és a megmunkálási követelményeket, mivel ezek alapvetően meghatározzák a gyártás minőségét és hatékonyságát. A konkrét megmunkálási paraméterek meghatározása azonban már a gyártási szakasz során történik meg.

3.2 Gyártási folyamat

3.2.1 CNC megmunkálás

A forrasztókeret alkatrészeinek gyártása jellemzően CNC marással történik. A megmunkálás során a munkadarab befogása történhet mechanikus módon satuban, vagy vákuumasztal segítségével, attól függően, hogy az adott alkatrész kialakítása mit tesz lehetővé. A stabil befogás kiemelten fontos, mert ha a rögzítés nem megfelelő, az pontatlanságot okozhat, ami a kész alkatrész minőségét rontja. A vákuumasztal segítségével könnyebben elérhető a pontos munkavégzés, ekkor a folyamat közben az asztalban furatok vannak elhelyezve, amin keresztül odahúzza az asztalhoz a munkadarabot. A vákuum asztalunk 1200x500mm befogadóképességgel rendelkezik, tehát ez a legnagyobb felhelyezhető alapanyag, de leginkább ennél kisebb. Gépeink 3 tengellyel (X, Y, Z) rendelkeznek és ezzel lefedhető bármely megmunkálási forma, amit szükséges elvégeznünk.

A CNC megmunkálás előnye, hogy pontos és ismételhető gyártást tesz lehetővé. A folyamat során marási műveletekkel alakítjuk ki a szükséges geometriákat, például a fészkeket, furatokat és egyéb kialakításokat. A tervezés során figyelembe vett szerszámelvezetések itt kapnak szerepet, mivel ezek biztosítják, hogy a marószerszám megfelelően hozzáférjen minden felülethez.



23. ábra. Alapanyag felfogatása vákummal, CNC marógépen (saját készítés)

3.2.2 Szerszámozás

A gyártás során alkalmazott szerszámok kiválasztása nagyban befolyásolja a megmunkálás minőségét. A gyakorlatban leggyakrabban keményfém marókat használunk, például kétélű vagy többélű kivitelben, mivel ezek megfelelő élettartamot és felületi minőséget biztosítanak.

A szerszám kiválasztása mindig az adott anyagtól és a kialakítandó geometriától függ. Kompozit anyagoknál 3, vagy többélű szerszámokat használunk a kompozit anyagok rétegeltsége, vagy anyag minősége miatt, így egyszerre több él dolgozik és ezzel biztosítjuk az egyenletes felületeket.

3.2.3 Technológiai paraméterek

A megmunkálás során alkalmazott paraméterek, mint a fordulatszám, előtolás és fogásmélység, alapvetően meghatározzák a gyártás minőségét. Ezeket minden esetben az adott anyaghoz és szerszámhoz kell igazítani.

Alumínium alkatrészeknél általában magasabb fordulatszám (akár 7-8000 1/min) és nagyobb előtolás alkalmazható, míg kompozit anyagoknál kisebb terheléssel dolgoznak az anyag szerkezetének megóvása érdekében. Ha a paraméterek nincsenek jól megválasztva, az szerszámtörést, rossz felületi minőséget vagy akár az anyag károsodását is okozhatja.

3.2.4 Gyártásközi ellenőrzés

A megmunkálás során a kritikus méreteket folyamatosan ellenőrizni kell. Ez történhet tolómérővel, mérőórával vagy egyéb mérőeszközökkel. Legtöbbször a PCB-hez tartozó keret méreteit szokták ellenőrizni, ezalatt a fészek értendő. Illetve fontos zsebmélységeket, keretre szerelt alkatrészek zsebeit, furatait, meneteit.

Nem csak a munkarobot és a gyártani kívánt alkatrészt szükséges ellenőrizni, hanem a gyártás közben a program alakulását, szerszámok kopását is egyben.

Ennek az a célja, hogy az esetleges eltérések ne csak a gyártás végén derüljenek ki, hanem már közben észrevehetőek legyenek. Így elkerülhető a selejt gyártása és a felesleges utómunka.



24. ábra. Gyártásközi ellenőrzés (saját készítés)

3.2.5 Utómunka

A gépi megmunkálás után az alkatrészeken utómunka elvégzése szükséges, amelynek célja a megfelelő felületi minőség és az illeszkedés biztosítása. A megmunkálás során keletkező sorják és éles peremek eltávolítása elengedhetetlen, mivel ezek akadályozhatják az alkatrészek pontos illeszkedését, illetve a későbbi használat során problémát okozhatnak.

A sorjázás történhet kézi sorjázó szerszámmal, reszelővel vagy finom csiszoló eszközökkel, attól függően, hogy az adott felület milyen pontosságot igényel. Külön figyelmet kell fordítani a fészkek környezetére, mivel itt már kisebb anyagmaradvány is pontatlanságot eredményezhet.

A tisztítás során eltávolítják a forgácsot, port és egyéb szennyeződéseket, amelyek a megmunkálás során keletkeznek. Ez nemcsak az összeszerelés miatt fontos, hanem a későbbi használat során is, mivel a szennyeződések hatással lehetnek a forrasztási folyamatra.

Bizonyos esetekben a kereten található feliratok vagy jelölések kiemelése is megtörténik. Ezt általában hőálló festékkel végzik, amely ellenáll a magas hőmérsékletnek és a tisztítási folyamatoknak, így hosszabb távon is jól látható marad.

3.2.6 Összeszerelés

Az elkészült alkatrészek összeszerelése során alakul ki a forrasztókeret végleges szerkezete. Ebben a szakaszban kerülnek a különböző elemek a megfelelő pozícióba, és történik meg azok rögzítése. A stabil és pontos összeszerelés kiemelten fontos, mivel ez határozza meg a keret későbbi működését és megbízhatóságát.

Az alkatrészek rögzítése jellemzően csavarkötésekkel történik. Az összeszerelés során kéziszerszámokat használnak, mint például imbuszkulcsokat, csavarhúzókat, valamint szükség esetén nyomatékkulcsot, amely biztosítja a megfelelő meghúzási erőt. A nem megfelelően meghúzott csavarok kilazulhatnak, míg a túlhúzás az alkatrészek sérüléséhez vezethet.

A csavarkötések megbízhatósága érdekében gyakran alkalmaznak menet-rögzítő ragasztót, amely megakadályozza a kötések kilazulását a használat során. Ez különösen fontos olyan környezetben, ahol a keretet hőterhelés és mechanikai igénybevétel éri.

Az összeszerelés során kerülnek beépítésre a pozicionáló és rögzítő elemek is, például a rugós leszorítók és egyéb fixingek. Ezek helyes beállítása elengedhetetlen, mivel ezek biztosítják a PCB stabil rögzítését a keretben. A mozgó alkatrészeknél külön figyelmet kell fordítani arra, hogy megfelelően működjenek, és ne akadjanak vagy szoruljanak meg a használat során.

Cégünknel fontos, hogy az adott munkaállomásokon, mint például a szereldén, a szükséges szerszámokat, csavarokat, eszközöket a közelben tartsuk, erre lettek kialakítva különféle címkékkel ellátott tartódobozok.

3.2.7 Végellenőrzés

Legtöbb esetben a megrendelők elérhetővé teszik számunkra az előre leforrasztott mintapanelt, hogy a szerelőink a munkálatok után a kész terméket kipróbálhassák (legtöbb esetben a tervezők jelenlétével).

A minőség ellenőrzés során egyben a termék, illetve a korábban elvégzett munkálatokat is ellenőrizzük. Ezeket az ellenőrzéseket egy mérésre kialakított márvány asztalon végzik. Nem csak az a cél, hogy a termék megfeleljen a tervnek és az előírásoknak, hanem az, hogy a tervezési és gyártási folyamatok lehetséges hibáit kiszűrjük. Több esetben minőség ellenőreink a kereten látható hibák, méret eltérések alapján a marógépek szerszámainak kopását, gépek megfelelő működését is tudják ellenőrizni. A specifikációk ellenőrzéséhez különféle mérőeszközöket használnak, mint például tolómérőt, mikrométert, mélység, súly és több esetben ESD mérőt is. A mérőeszközök a 2D, 3D terveket is használják ellenőrzéshez és

ezeket dokumentálják napról napra, hogy probléma esetén a jövőben visszakereshetők legyenek.

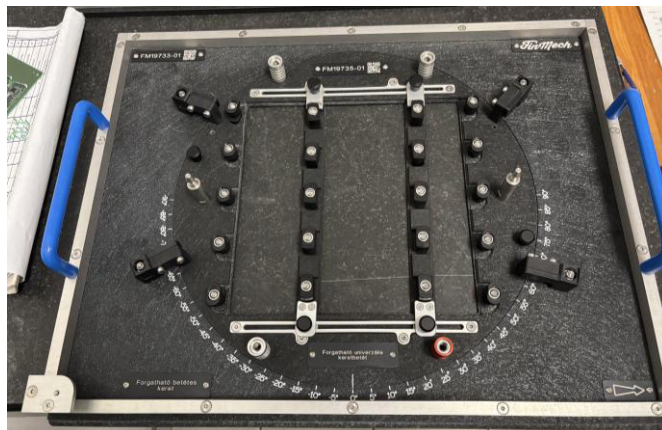


25. ábra. Az elkészült keret végső ellenőrzése (saját készítés)

Az ellenőrzési folyamat végére érve sok esetben úgy tűnik, hogy az adott összeállítás minden szempontból megfelelő. Az alkatrészek a helyükön vannak, a szerkezet stabil, funkcionálisan is megfelelő. A gyakorlat azonban azt mutatja, hogy bizonyos problémák csak később, a használat során jelentkeznek.

Ilyen eset például a nem megfelelő kötőelemek alkalmazása. Előfordulhat, hogy a szerelés során nem a megfelelő típusú csavar kerül beépítésre. Egy konkrét példán keresztül szemlélítve: bizonyos esetekben titán bevonatos csavarokat szoktunk használni, nem pedig hagyományos rozsdamentes acél anyagú csavarokat. Ennek ellenőrzése nem minden esetben egyértelmű, ezért a gyakorlatban mágnes segítségével is megvizsgálják a csavar anyagát, mivel a korrózióálló csavarjaink gyengén mágnesesek. Ez nem 100%-os azonosítás, de a múltbeli problémákat mindig kiszűrte.

Ha nem megfelelő csavar kerül beépítésre, az a későbbi használat során komolyabb problémát okozhat. A forrasztási folyamat során az ón hajlamos rátapadni a rozsdamentes csavar felületére, különösen a csavarfej hornyaiba, vagy a csavarozó nyílásba. Ez később jelentősen megnehezíti a keret tisztítását, vagy az alkatrész szétszerelését az esetleges karbantartása alatt.



26. ábra. Összeszerelt univerzális forrasztó keret kész állapota (saját készítés)

Ebben az esetben a csavar eltávolítása sokszor már nem egyszerű kézi művelet. Gyakran csak fűrással lehet eltávolítani, rosszabb esetben pedig a csavar fejét teljesen le kell fűrni, hogy az adott alkatrész kiszerezhető legyen. Ez nemcsak időigényes, hanem az adott alkatrész sérülésének kockázatát is növeli.

A használat során jelentkező problémák nemcsak az anyagválasztásból adódhatnak. Előfordulhat az is, hogy az alkatrészek nem megfelelően lettek összeszerelve, menet rögzítővel ellátva és megfelelően meghúzva, így a használat során a hőterhelés és sok ciklus hatására mégis kilazulnak.

Az ellenőrzések végén ezért nemcsak a méreteket és a rajzokhoz, modellekhez viszonyított kinézetet vizsgálják, hanem az egyes elemek mechanikai stabilitását is próbára teszik. Az alkatrészeket kézzel megterhelik, hogy kiderüljön, van-e bármilyen elmozdulása, vagy stabilan marad-e.

A korábban említett mintapanelek segítségével a felső leszorító szerkezeteket is ellenőrzik, hogy megfelelően nyomja a lenyomó a panelre beültetett alkatrészt, a feladatát ellátja-e.

3.2.8 Csomagolás, kiszállítás és garancia

Az ellenőrzések befejezése után a kész termék a csomagolási fázisba kerül. Ez a rész először kevésbé jelentősnek tűnhet, azonban nagy szerepe van abban, hogy a termék sérülésmentesen jusson el a megrendelőhöz.

A csomagolást végző kollégánk kiemelt figyelmet fordít arra, hogy a termék megfelelő védelemben részesüljön. A sérülékenyebb vagy vékonyabb alkatrészek miatt több rétegű buborék fóliával és papír töltőanyaggal kerül a dobozba, hogy a szállítás közben kevésbé mozduljon el, ne sérüljön meg, esetleges több terméknel ne érintkezzenek.

A tervezési, gyártási, ellenőrzési és csomagolási folyamatok lezárását követően a kész termék eljut arra a pontra, ahol már a tényleges használat és a megrendelői tapasztalatok kerülnek előtérbe. A kiszállított termékekre cégünk terméktől függően általában 6-12 hónap garanciát vállal. Legtöbbször ennél tovább is gond nélkül tudják használni. Esetleges negatív visszajelzéskor, vagy bármi változtatás céljából, ha látszik, hogy nem volt extrém igénybevételnek kitéve, akkor a cég sok esetben garancia időtartamon túl is (kisebb módosításkor) extra költségek nélkül tudja végrehajtani a kéréteket.

Komolyabb hiba felmerülésekor a keret visszakerül hozzánk, ahol újra átnézzük és szükség esetén javítjuk. A munkaköröm nemcsak a kapcsolattartás és a tervezés, hanem az is, hogy ezeket a visszaérkező termékeket átvizsgáljuk és megoldjuk a problémát.

Ezért fontos, hogy ne csak a gyártási folyamatra, hanem a későbbi karbantartásra is figyelmet fordítsunk. A következő fejezetben ennek megfelelően a forrasztókeretek karbantartási lehetőségeit és a szükséges ellenőrzési lépéseket mutatom be.



27. ábra. Visszajelzés egy gyártások során elgörbült keretről (saját készítés)

4 A forrasztókeret karbantartási terve

A gyakorlatban a cégnél több alkalommal is előfordult, hogy a visszaérkező forrasztókeretek esetében nem állt rendelkezésre egy egységes, előre meghatározott karbantartási terv. Emiatt a javítások és ellenőrzések sokszor tapasztalat alapján történik, ami nem minden esetben előnyös.

Ez a probléma főként akkor jelentkezett, amikor egy keret hosszabb használat után visszakerült, és nem volt egyértelmű, hogy pontosan milyen ellenőrzéseket vagy karbantartási lépéseket kell elvégezni rajta. Ilyenkor a folyamat megkönnyíthető akár kevésbé tapasztalt, friss dolgozók számára is, ha van egy követhető minta.

A fentiek alapján indokoltá vált egy olyan karbantartási terv kidolgozása, amely egyértelműen meghatározza a szükséges lépéseket, és egy alapot biztosít a későbbi munkákhoz. A cél nemcsak a szakdolgozatban megtervezett forrasztókeret karbantartásának rendszerezése, hanem egy olyan minta létrehozása is, amely a jövőben más termékek esetében is alkalmazható a cégünkénél, és ezt egy javaslattal a cég felé indítványozni is fogom.

4.1 A karbantartási terv elkészítéséhez szükséges alapadatok

A karbantartási terv elkészítésénél fontos figyelembe venni, hogy a forrasztókeret milyen alkatrészekből, részekből épül fel, és ezek pontosan hol helyezkednek el. Nem mindegy ugyanis, hogy egy adott elem mennyire van igénybe véve a használat során.

A kereten meg lehet különböztetni olyan alkatrészeket, amelyek nem mozognak, illetve olyanokat is, amelyek működés közben folyamatosan mozognak. Ez azért fontos, mert ezek nem egyformán használódnak el.

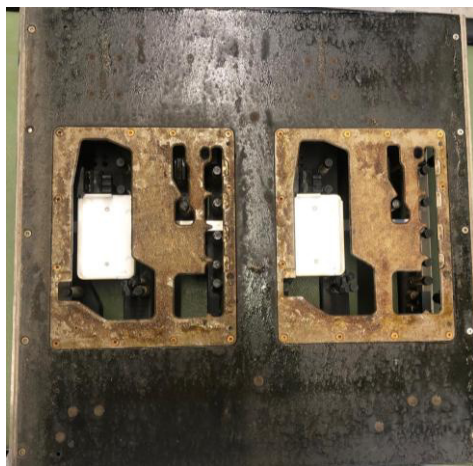
A nem mozgó (fixre felszerelt) alkatrészek közé tartozik maga a keret aljlap és a merevítő elemei. Ezek biztosítják a szerkezet stabilitását. Ezeknél általában nem a kopás a fő

probléma, hanem inkább a hő hatása. A folyamatos melegedés és lehűlés miatt idővel előfordulhat elszíneződés vagy kisebb alakváltozás.

Ezzel szemben a mozgó alkatrészek jobban igénybe vannak véve. Ide tartozik például a felső leszorító szerkezet (tophat), illetve a rugós elemek. Ezek használat közben folyamatosan mozognak, és közvetlen kapcsolatban vannak a nyáklappal, ezért sokkal gyorsabban kopnak.

A különböző anyagok viselkedése sem egyforma, ezt is figyelembe kell venni. A kompozit (pl. Durostone) jól bírja a hőt, viszont érzékenyebb lehet mechanikai sérülésekre. Az alumínium alkatrészeknél a felület állapota fontos, mert ha a bevonat megsérül, akkor hamarabb kopik. A csavaroknál pedig nem mindegy, hogy milyen anyagból készültek és hol használjuk őket.

A használat során a keret folyamatos terhelést kap. Minden ciklusnál felmelegszik, majd lehűl, ami hosszabb távon hatással van az alkatrészekre. Ez a hőingadozás például lazulást is okozhat a kötéseknel. Emellett a forrasztás során keletkező szennyeződések is problémát jelenthetnek. Az ón és egyéb anyagok lerakódhatnak a kereten, főleg a kritikus helyeken. Ezek nemcsak esztétikailag zavaróak, hanem a működésre is hatással lehetnek.



28. ábra. Lerakódások és szennyeződések egy forrasztókereten (saját készítés)

A fentiek alapján a következő alfejezetben azokat az alkatrészeket mutatom be részletesebben, amelyek a karbantartás szempontjából a legfontosabbak.

4.1.1 A karbantartás szempontjából kritikus alkatrészek

A korábbi gyártási és használati visszajelzések tapasztalatai alapján jól látható, hogy bizonyos alkatrészeknél rendszeresen visszatérő hibák jelentkeznek és ezeket táblázat és tételes listázásokkal be is mutatom. Ezek általánosságba véve a legproblémásabb alkatrészek.

A táblázat bemutatja az alkatrészek nevét/azonosítóját, az anyagát, a lehetséges problémákat, és a valószínűsített okát.

1.táblázat: a forrasztókeret kritikus alkatrészei (saját készítés)

Rész	Név	Anyag	Lehetséges probléma	Feltételezhető ok
Alsó szerkezet	Aljlap	Durostone / kompozit	Szennyeződések, törés/kopás, deformáció	hőterhelés, anyag gyengeség, nem megfelelő forrasztási beállítás
Alsó szerkezet	Kötőelemek (az aljlap alján)	RM. Acél / titán bevonatos RM. acél	kilazulás, ónszennyezés	Nem megfelelő anyagú csavar beszerelése, nem megfelelő meghúzás
Alsó szerkezet	Aljlap merevítések	Alumínium, Kompozit	Alumínium esetén bevonat kopása	Hőterhelés, vegyi anyagok tisztításkor
Felső szerkezet	Lenyomók (szár + rugó)	RM. rugóacél, RM. acél	Szennyeződések miatti ragadás, rugóerő gyengülés	Vegyi tisztító anyagok, hőterhelés, ismétlődő terhelés
Felső szerkezet	Lenyomó fej	ESD kompozit	Deformáció	Hőterhelés, szennyeződések

Felső+ Alsó	Illesztett alkatrészek	Alumínium, RM. acél, kompozit	Szorulás, törés, kopás, bevonat roncsolódás	Hőtágulás, korábbi gyártási méret eltérés
Felső szerkezet	Felső lap (TOPHAT)	Kompozit, alumínium	Deformáció, szennyezettség	Vegyí anyagok, hőterhelés, mechanikai hatások
Alsó szerkezet	Nyáklap leszorítók (fixingek)	ESD fröccsöntött műanyag	Deformáció, szennyezettség	Hőterhelés, nem megfelelő használat, mechanikai hatások

A karbantartás szempontjából kritikus alkatrészeknél jellemzően különböző meghibásodások figyelhetők meg a használat során. A mozgó elemek esetében leggyakrabban kopás, vagy kilazulás jelentkezik, míg a fix alkatrészeknél inkább hő okozta deformáció vagy felületi károsodás fordul elő.

4.1.2 Karbantartási típusok

A forrasztókeretek karbantartása többféleképpen történhet attól függően, hogy előre tervezetten végzik, vagy valamilyen hiba miatt válik szükségessé. Az egyik ilyen a megelőző karbantartás, amikor előre meghatározott időközönként ellenőrzik és karbantartják a keretet, hogy elkerülhetők legyenek a problémák. Ezzel szemben a hibajavító karbantartás akkor történik, amikor már valamilyen hiba jelentkezik, és azt kell megszüntetni. Emellett jelen van az állapot alapú karbantartás is, amikor nem időhöz kötötten történik az ellenőrzés, hanem a keret állapota alapján döntenek el, hogy szükséges-e beavatkozás. A gyakorlatban ezek nem különülnek el nagyon, hanem együtt jelennek meg a mindennapi használat során.

4.1.3 A karbantartás rendszerének kialakítása

A karbantartás során célszerű meghatározott sorrendet követni, amely biztosítja, hogy egy elem/alkatrész se maradjon ki az ellenőrzés során. Mivel a karbantartási folyamat egyben egy ellenőrzési folyamat, ezért cégünknel ezt a feladatot is a minőségellenőreink látják el. A cél az, hogy egy könnyen áttekinthető, és egyben kollégáink számára időigényesen végig vihető sorrendet alakítsunk ki. Fontos megjegyezni, hogy jelenleg egy forrasztókeret karbantartási terve fog elkészülni, ahol nem teljesen a ciklusidőtől, hanem a termék állapotától függ a szükséges felmérés, javítás, csere, de tapasztalatok alapján feltételezhető, hogy megfelelő használat mellett egy forrasztókeret 5-10 ezer ciklusnál ellenőrzésre szorul, 10-20 ezernél szükséges a karbantartás, 20 ezer és a feletti ciklusszámnál pedig több alkatrész, vagy akár a keret aljlapja is cserére szorulhat.

A saját véleményem és tapasztalataim alapján érdemes a karbantartási tervünket az alább felsoroltak szerint elkészíteni:

- Áruátvétel, visszaérkezési állapotfelmérés, dokumentum elővétele
- Az ellenőrzés előtt az eljáró személy(ek), illetve termék adatainak rögzítése (termék szám, kódok, cégnevek, egyéb információk)
- Az ellenőrzéshez és esetleges karbantartáshoz szükséges szerszámok, mérőeszközök ismertetése
- Karbantartási fázis meghatározása ciklusidő alapján (További Megfigyelést Igényel -TMI-, Javítható -J-, Cserés -CS-)
- A fázisokra alapozva a termék alkatrészeinek felmérése, megfelelőségi táblázat kitöltése (karbantartási döntés ismertetése)
- Az eljáró részleg(ek) ismertetése elemek szerint
- A cserés alkatrészek feljegyzése külsős, rendelt elemek esetén
- Ismétlő ellenőrzés összehasonlítása egy másik minőségellenőr munkája alapján

A fenti lépések alapján a karbantartási folyamat könnyen követhető lesz a dolgozók számára, a célom ezzel, hogy ne saját megérzés alapján dolgozzon, hanem egy jól átlátható sorrendet kövessen.

Minden lépésnek megvan a saját fontossága, mert ezekkel kiszűrhető az esetleges szállítás során keletkező probléma, a dokumentum visszakövethetősége, és elősegíthető lesz a karbantartási munkálatok megszervezése a gépi gyártást, és szerelői munkákat figyelembe véve.

4.1.4 A karbantartási folyamat lépései

1. A termék átvétele és a beérkezési állapot felmérése
 - A visszaérkező keretet át kell venni, már átvett termék esetén kicsomagolni, elhelyezni a mérőasztalon, és felmérni a csomagolás és termék állapotát
2. A karbantartási dokumentum előkészítése
 - A dokumentum elővétele, nem elérhetőség miatt másolatot kérni, gyors szabályzatot / segédletet áttanulmányozni
3. Az alapadatok rögzítése
 - Fel kell jegyezni a megadott helyeken a termék azonosító adatait, valamint az ellenőrzést végző személyek nevét és egyéb információit
4. A szükséges eszközök előkészítése
 - Elő kell készíteni a méréshez és ellenőrzéshez szükséges eszközöket, szükség esetén ezek kalibrálását elvégezni (tolómérők 0-150mm, 0-300mm, 0-500mm, mélységmérő, kalibráló hasábok, idomszerek)
5. Az alkatrészek ellenőrzése, mérése a korábbi (eredeti) gyártási dokumentumok alapján
 - Minden eredeti méret utólagos ellenőrzése, és ezen eredményeinek feljegyzése
6. A karbantartási fázis meghatározása
 - Az alkatrészek ellenőrzése alapján, besorolás a fázisok szerint (TMI, J, CS), illetve jelölni, hogy feltételezhetően belső céges, vagy külsős használati okokból ered-e a hiba (garancia miatt)
7. A szükséges beavatkozás meghatározása
 - Minden egyes elemnél el kell dönteni, hogy szükséges-e beavatkozás, ha igen, milyen részleg bevonása szükséges

8. Külsős, rendelős alkatrész feljegyzése

- Ezeket az alkatrészeket a megadott helyen, azonosítóval ellátva (ha van) fel kell jegyezni

9. Dokumentáció végső ellenőrzése és továbbadása

- A végső dokumentumot ellenőrzés után, ha minden megfelelően kitöltésre került, egy második személy is ellenőrizze és hasonlítsa össze a korábban mért adatokkal

10. Végső eljárás, hitelesítés

- A dokumentumot az illetékes személynek továbbítani, és egyeztetni az esetleges felmerült problémákról.

A karbantartási folyamatot nem csak megterveztem, hanem a gyakorlatban is kipróbáltuk a cégnél. Olyan rendszer lett belőle, amit a mindennapi munkában is lehet használni. A tervet megmutattam a kollégáknak és együtt átnéztük, elmagyaráztam, hogyan működik és mit mire lehet használni. A visszajelzések alapján egyszerűnek, de annál inkább lényegre törőbbnek tartották.

Ezt követően hivatalosan is kérvényeztem főnökeimtől, hogy a karbantartási tervet fogadják el és vezessék be a használatba. Mivel a cégnél még nem volt ilyen fajta elfogadott dokumentum és megfelelt az elvárásnak, a terv elfogadásra került, ez az elfogadási nyilatkozat megtalálható a szakdolgozat 2. mellékletében.

A gyakorlatban egy visszaérkező forrasztókereten is kipróbáltuk. A dokumentumon végig haladva minden lépést és részt megértettek, kitöltöttek a mért / ellenőrzött alkatrészek alapján. A kitöltés után jól látszott, hogy mely alkatrészeknél szükséges és milyen beavatkozás, illetve a mért adatok. A terv összeállítása során arra törekedtem, hogy a dokumentumban elegendő hely legyen az egyes alkatrészek listázására, és a mért adatok feljegyzésére. Rövid, érthető megjegyzéseket és jelöléseket helyeztem el, hogy látható legyen, hova mit kell írni, vagy jelölni. Minden szükséges adat számára helyet biztosítottam, így könnyen és egyértelműen kitölthető lett a terv. A terv a szakdolgozat melléklet 1-ben található meg.

5 Összegzés

A szakdolgozatom során a PCB forrasztókeretek tervezésével, gyártásával és karbantartásával foglalkoztam. A célom az volt, hogy egy olyan rendszert hozzak létre, amit nemcsak leírni lehet, hanem a gyakorlatban is ténylegesen használni tudunk a cégnél.

A dolgozat elején bemutattam a különböző forrasztási technológiákat és a forrasztókeretek típusait, majd végig mentem egy univerzális forrasztókeret megtervezésének folyamatán. A tervezésnél igyekeztem figyelembe venni mindent, ami a gyártásnál és a használat során problémát okozhat.

Ezután részletesen bemutattam a gyártási folyamatot is, ahol látható, hogy mennyi lépésen megy végig egy ilyen termék, mire elkészül. A saját tapasztalataim alapján az is jól látszik, hogy sok hiba nem azonnal, hanem csak később használat közben derül ki.

A dolgozat egyik fontos részeként készítettem egy karbantartási tervet. Itt nem az volt a cél, hogy egy bonyolult rendszert hozzak létre, hanem egy olyan egyszerű megoldást, amit ténylegesen lehet használni a mindennapi munkában.

A tervet a gyakorlatban is kipróbáltuk, majd elfogadásra került a cégnél, így a későbbiekben használni fogjuk a karbantartások során.

Nemcsak egy karbantartási terv elkészítésével tudtam segíteni a céget és a dolgozókat, hanem a dolgozatommal egyben az egész munkafolyamat is bemutatásra került a tervezéstől egészen a karbantartásig. A jövőben ez a dolgozat akár arra is használható lehet, hogy új dolgozók vagy a szakmába frissen belépők jobban megismerjék ennek a területnek a működését.

Összességében úgy gondolom, hogy sikerült egy olyan munkát készítenem, ami nemcsak a szakdolgozat követelményeinek felel meg, hanem a gyakorlatban is hasznosítható.

Irodalomjegyzék

- [1] AmCham Hungary, Elektronikai gyártás kézikönyv, Budapest: AmCham Hungary, 2019. https://www.amcham.hu/sites/default/files/publications/202003/AmCham_Elektronikai_gyartas_Tk_2019_0812.pdf (Letöltés időpontja: 2025.10.15.)
- [2] PCB Basics, SparkFun. <https://learn.sparkfun.com/tutorials/pcb-basics/all> (Letöltés időpontja: 2025.10.15.)
- [3] Z. Dienes, Digitális áramkörök összeállítása forrasztással, jellemzők mérése. Budapest: NSZFI – Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, 2006.
- [4] "Kézi forrasztás", Eurocircuits. <https://www.eurocircuits.hu/beultetesi-gyartastechnologia/kezi-forrasztas/> (Letöltés időpontja: 2025.11.16.)
- [5] E. Bitay, G. Bagyinszki és J. Dobránszky, A hegesztés, a forrasztás és a termikus vágás fémtechnológiai alapismeretei, Miskolc: Miskolci Egyetem, 2019. ISBN 978-963-358-177-1.
- [6] Röchling Industrial, "Durostone CAS761 műszaki adatlap". <https://www.roechling.com/fileadmin/assets/Technical%20Data%20Sheet%20Durostone%20CAS%20761%20EN.pdf> (Letöltés időpontja: 2025.11.16.)
- [7] Finmech Kft., "Vállalati bemutatkozás". <https://www.finmech.hu/> (Letöltés időpontja: 2025.11.16.)
- [8] Röchling Industrial, "Durostone CAG762 műszaki adatlap". <https://www.roechling.com/fileadmin/assets/Technical%20Data%20Sheet%20Durostone%20CAG%20762%20EN.pdf> (Letöltés időpontja: 2025.11.16.)
- [9] Stal-West Zrt., "Az eloxálás folyamata". <https://stal-west.hu/az-eloxalas-folyamata> (Letöltés időpontja: 2025.11.16.)
- [10] Enterprise Group Technologies Kft., "ALPHACAM". <https://enterprisegroup.hu/tervezes-es-gyartastamogatas/plm-termek/alphacam> (Letöltés időpontja: 2025.11.16.)
- [11] EuroSolid Zrt., "SOLIDWORKS 3D CAD gépészeti tervezőszoftver". <https://eurosolid.hu/> (Letöltés időpontja: 2025.11.16.)
- [12] Finmech Kft., "DOCACETAL C-POM C műszaki adatlap". https://www.finmech.hu/assets/img/DOCACETAL_C-POM_C.pdf (Letöltés időpontja: 2025.12.06.)
- [13] Nyomtatott áramköri lap - Történelem Elérhető:

https://en.wikipedia.org/wiki/Printed_circuit_board (Letöltve: 2026.04.18.)

[14] Az orvosi PCB-k jövője: a miniaturizáció és a nagy sűrűség összeköttetésének trendjei.
Elérhető: <https://www.allpcb.com/allelectrohub/the-future-of-medical-pcbs-trends-in-miniaturization-and-high-density-interconnect>

(Letöltve: 2026.02.13.)

[15] Mi az a fiducial jel? – PCB ismeretek. Elérhető:
https://www.pcbway.com/blog/PCB_Manufacturing_Information/Fiducial_Mark_PCB_Knowledge_542b3c29.html (Letöltve: 2026.03.15.)

[16] PCB Panelizáció – AllPCB.com Elérhető: <https://www.allpcb.com/blog/pcb-knowledge/pcb-panelization.html> (Letöltve: 2026.03.15.)

[17] IPC-A-610 Acceptability of Electronic Assemblies. Elérhető:
<https://levisonenterprises.com/ipc-j-std-001/> (Letöltve: 2026.04.05)

[18] IPC J-STD-001 Requirements for Soldered Electrical and Electronic Assemblies.
Elérhető: <https://levisonenterprises.com/ipc-j-std-001/> (Letöltve: 2026.04.05)

[19] DIN ISO 2768: General tolerances for linear and angular dimensions

Mellékletek

Melléklet 1: Forrasztókeret karbantartási terv

Melléklet 2: Elfogadási nyilatkozat



Forrasztókeret karbantartási terv

Finmech KFT.

Készítette: Prokaj Dániel

2026

Bevezető

A karbantartási terv célja, hogy egységes rendszerbe foglalja a forrasztókeretek ellenőrzésével és karbantartásával kapcsolatos feladatokat. A terv alkalmazásával csökkenthetőek a gyártási hibák, növelhető a keretek élettartama, valamint biztosítható a folyamatos és megbízható működés.

Szabályzat

A karbantartási tervben szereplő feladatokat a megadott gyakoriság alapján kell elvégezni.

Az ellenőrzések során tapasztalt eltéréseket rögzíteni kell.

A karbantartási feladatok elvégzéséért az adott területen dolgozó kezelő vagy kijelölt személy felel. Amennyiben az ellenőrzés során olyan hiba kerül feltárára, amely a keret további használatát befolyásolja, a terméket ki kell vonni a használatból, és javítás céljából a megfelelő részleghez kell továbbítani.

A terv használata során fontos a dokumentálás, hogy a későbbi ellenőrzések és visszakövetések biztosítottak legyenek.

Minden méretet javasolt két embernek is ellenőrzés szempontjából lemérni.

Minden termék karbantartása előtt külön mappába helyezve, azonosítóval ellátva fényképeket javasolt készíteni.

Alulírott kijelentem, hogy a karbantartási tervben foglaltakat megismertem és elfogadom.

A dokumentumban szereplő adatokat a valóságnak megfelelően töltöttem ki, és a karbantartási feladatokat a meghatározottak szerint végzem.

Első mérést végző személy:

Név: _____

Dátum: _____

Aláírás: _____

Második mérést végző személy:

Név: _____

Dátum: _____

Aláírás: _____

Feladatok

1. A termék átvétele és a beérkezési állapot felmérése
 - A visszaérkező keretet át kell venni, már átvett termék esetén kicsomagolni, elhelyezni a mérőasztalon, és felmérni a csomagolás és termék állapotát
2. A karbantartási dokumentum előkészítése
 - A dokumentum elővétele, kitöltéséhez toll ajánlott
3. Az alapadatok rögzítése
 - Fel kell jegyezni a megadott helyeken a termék azonosító adatait
4. A szükséges eszközök előkészítése
 - Elő kell készíteni a méréshez és ellenőrzéshez szükséges eszközöket, szükség esetén ezek kalibrálását elvégezni (tolómérők 0-150mm, 0-300mm, 0-500mm, mélységmérő, kalibráló hasábok, idomszerek)
5. Az alkatrészek ellenőrzése, mérése a korábbi (eredeti) gyártási dokumentumok alapján
 - Minden eredeti méret utólagos ellenőrzése, és ezen eredményeinek feljegyzése
6. A karbantartási fázis meghatározása
 - Az alkatrészek ellenőrzése alapján, besorolás a fázisok szerint (TMI, J, CS), illetve jelölni, hogy feltételezhetően belső céges, vagy külsős használati okokból ered-e a hiba (garancia miatt)

7. A szükséges beavatkozás meghatározása

- Minden egyes elemnél el kell dönteni, hogy szükséges-e beavatkozás, ha igen, milyen részleg bevonása szükséges

8. Külsős, rendelős alkatrész feljegyzése

- Ezeket az alkatrészeket a megadott helyen, azonosítóval ellátva (ha van) fel kell jegyezni

9. Dokumentáció végső ellenőrzése és továbbadása

- A végső dokumentumot ellenőrzés után, ha minden megfelelően kitöltésre került, egy második személy is ellenőrizze és hasonlítsa össze a korábban mért adatokkal

10. Végső eljárás, hitelesítés

- A dokumentumot az illetékes személynek továbbítani, és egyeztetni az esetleges felmerült problémákról.

Azonosító:	Keret típusa:	Méreszköz(ök):	Ciklus:	Dátum:	Dokumentum oldalszám:	
Alkatrész	Anyag	Eredeti méret / tulajdonság	Eltérés, elváltozás	TMI / J / CS	Belső / Külső probléma	Ajánlott beavatkozás / illetékes részleg
(PÉLDA: FIXING CSAVAR)	(PÉLDA: A2 ROZSDAM. A.)	(PÉLDA: MEGFELELŐ CSAVAR HORONY)	(PÉLDA: ÖN SZENNYEZŐDÉS)	(PÉLDA: CS)	(PÉLDA: KÜLSŐS)	(PÉLDA: SZERELEŐ RÉSZLEG)
TMI = További Megfigyelést Igényel ; J = Javításra szorul ; CS = Cserére szorul						

Azonosító:	Keret típusa:	Mérőeszköz(ök):	Ciklus:	Dátum:	Dokumentum oldalszám:	
Alkatrész	Anyag	Eredeti méret / tulajdonság	Eltérés, elváltozás	TMI / J / CS	Belső / Külső probléma	Ajánlott beavatkozás / illetékes részleg
(PÉLDA: FIXING CSAVAR)	(PÉLDA: A2 ROZSDAM. A.)	(PÉLDA: MEGFELELŐ CSAVAR HORONY)	(PÉLDA: ÖN SZENNVEZŐDÉS)	(PÉLDA: CS)	(PÉLDA: KÜLSŐS)	(PÉLDA: SZERELEŐ RÉSZLEG)
TMI = További Megfigyelést Igénylel ; J = Javításra szorul ; CS = Cserére szorul						



ELFOGADÁSI NYILATKOZAT

Alulírott, mint a **Finmech Kft.** képviselőjében eljáró személy, ezúton nyilatkozom, hogy **Prokaj Dániel** által elkészített **PCB forrasztókeret gyártási / tervezési folyamata és karbantartási terve** című szakdolgozatában, a **Karbantartási tervet** megismertem, annak tartalmát áttekintettem.

Megállapítom, hogy a dokumentumban foglaltak szakmailag megalapozottak, a vállalat tevékenységéhez illeszkednek, és gyakorlati alkalmazásra alkalmasak.

A karbantartási tervben szereplő megoldásokat a **Finmech Kft.** elfogadja, és lehetőség szerint a jövőbeni működés során figyelembe veszi, illetve alkalmazza.

Jelen nyilatkozatot a szakdolgozat támogatására és igazolására adtam ki.

FINMECH KFT.
1095 Budapest, Soroksári út 8-10. 1/9.
Adószám: 24229562-2-43


.....
Kasparovics Szilárd
(Ügyvezető)

Kelt: 3390 Füzesabony, 2026.04.18.