



Neumann János Egyetem

GAMF Műszaki és Informatikai Kar

Innovatív Járművek és Anyagok Tanszék

Festett alumínium nedvesítésének módosítása felületkezelési eljárásokkal

Tudományos Diákköri Konferencia Dolgozat

Szerző:

Capár Andrea

4. Évfolyamos, Járműmérnök hallgató

Témavezetők:

Dr. Berczeli Miklós, adjunktus

Tajti Ferenc, tanszéki mérnök

Kecskemét

2022

Tartalomjegyzék

1.	BEVEZETÉS	3
2.	ALUMÍNIUM LEMEZEK	5
2.1.	AZ ALUMÍNIUMOKRÓL ÁLTALÁNOSÁGBAN	5
2.2.	FELHASZNÁLÁSI TERÜLETEI.....	5
2.3.	GYÁRTÁS ÉS GYÁRTÁSTECHNOLÓGIA	6
2.4.	AZ ALUMÍNIUMOK FELHASZNÁLÁSA AZ IPARBAN.....	7
2.5.	FESTETT ALUMÍNIUM LEMEZ	8
2.6.	KÖTÉSTECHNOLÓGIÁK AZ ALUMÍNIUMRA.....	9
3.	RAGASZTÓK:	12
3.1.	ELKÉSZÍTÉSI TECHNOLÓGIÁK	12
3.1.1.	<i>Természetes alapú ragasztók:</i>	12
3.1.2.	<i>Szintetikus ragasztók:</i>	12
3.2.	IPARI FELHASZNÁLÁSUK.....	13
3.3.	A RAGASZTÓK TÍPUSAI	13
3.3.1.	<i>Természetes eredetű:</i>	13
3.3.2.	<i>Ásványi eredetű:</i>	13
3.3.3.	<i>Szintetikus ragasztók:</i>	14
4.	FESTETT ALUMÍNIUM LEMEZEK FELÜLETI ELŐKÉSZÍTÉSE RAGASZTÁSHOZ	16
4.1.	TISZTÍTÁS ÉS ZSÍRTALANÍTÁS.....	16
4.2.	PRIMEREK A RAGASZTÓ ÉS A FELÜLET KÖLCÖNHATÁS PROBLÉMÁI KEZELÉSÉRE	16
4.3.	ALAP FELÜLETKEZELÉSI ELJÁRÁSOK	16
4.4.	KÉMIAI FELÜLETKEZELÉSI ELJÁRÁSOK.....	17
4.5.	GÁZ LÁNGOLÁS	18
4.6.	LÉZERSUGARAS FELÜLETKEZELÉS	19
4.7.	PLAZMA FELÜLETKEZELÉS	19
5.	CÉLKITŰZÉS.....	21
6.	FELHASZNÁLT ANYAGOK ÉS TECHNOLÓGIÁK	22
6.1.	FESTETT ALUMÍNIUM LEMEZEK ÉS L-PROFILOK	22
6.2.	PRIMEREK ÉS RAGASZTÓK.....	24
6.3.	FELÜLETKEZELÉSEK.....	25
6.4.	A NEDVESÍTÉS STATIKUS MÉRÉSI MÓDSZERE	27
6.5.	RAGASZTÁSI KÖTÉSEK VIZSGÁLATA	29
7.	KUTATÁSI EREDMÉNYEK	30
7.1.	KUTATÁSI TERV	30
7.2.	OPTIKAI ELVÁLTOZÁSOK	32
7.3.	NEDVESÍTÉS VÁLTOZÁSA.....	33
7.4.	RAGASZTOTT KÖTÉSEK SZILÁRDSÁGA.....	38
8.	ÖSSZEFOGLALÁS	40
9.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	42
10.	IRODALOMJEGYZÉK	43
11.	ÁBRAJEGYZÉK.....	44

1. Bevezetés

A mai modern iparban a festett felületek nagy szerepet játszanak. Esztétikailag szebb hatást képez az emberi szem számára, mivel a színek sokkal jobb megjelenést biztosítanak. A festetlen kezelt felületek nem mindig bizonyulnak hasznos választásnak, ezért az iparágak próbálnak a festett felületek jövőjébe tekinteni.

A műszaki élet egyik meghatározó anyaga az alumínium. Egyre több helyen használják előszeretettel és úgy vélik ez az anyag továbbra is meghatározó szerepet fog betölteni a világban. Mivel könnyűfémről beszélünk, így nagyon sok a felhasználási terület, amiben ki tudjuk használni. Mechanikai tulajdonságai kiválóak és erősen korrózióálló.

A járműipar számára az egyik legfontosabb alapanyag. A könnyű, de masszív alumínium elemekből olyan szerkezeteket alakíthatnak ki, ami csökkenti az energiafogyasztást, miközben növeli a teherbírást. A repülőgépipar már régóta alkalmazza. A légtérben az anyag ellenáll az atmoszférában keletkező hatásokra illetve jól bírja a nagy sebességet is. A rá ható G-erő sem okoz túl nagy problémát. A közutakon is már megjelentek az alumíniumból teljesen vagy részben gyártott járművek. A porfestést előszeretettel alkalmazzák. A festékanyagok széles skálán mozognak. Egy festett alumínium lemezt gyártó cég több beszállítótól vásárolhat színanyagot. Fontos megemlíteni, hogy a lemez és a festék között kémiai reakció is lejátszódik, ha nem kellően tiszta a felületünk. Mivel az alumínium oxidréteget képez a felületén, ez befolyásolhatja a színanyag tapadó képességét.

Kötéstechnológiai szempontból több lehetőséget is szemügyre kell venni. Hegesztés és forrasztás során látható a kötés a két elem között, ezért fontos hangsúlyozni az alumíniumok ragasztását. A ragasztóanyagok széles körben elterjedtek, így sok lehetséges ragasztó választható a kötés kialakítására, de ezeket az anyagokat meg kell ismerni és kísérletezni, vajon mit is ad két festett felület ragasztásánál.

A ragasztó minősége nagyban függ a felület nedvesítő képességétől. A ragasztás során a célunk, hogy a felület nedvesítő képessége jó legyen, tehát hidrofilként viselkedjen. A ragasztó tapadásában segít, ha a felület kellően nedvesít. Különböző ragasztó típusokat ismerünk, de az alumínium ragasztásában a szintetikus fajtájúakat részesítjük előnyben. Ebben a csoportban is vannak olyan alapanyagok, amik eltérnek egymástól, ezért fontosnak tartják ezen készítmények megismerését, vizsgálatok és kísérletek által. Maga a gyártó cég is ad leírást, de ha biztosra akarunk menni, magunknak kell megismerni a használt ragasztót. A tudomány már több vizsgálati szempontot leír, de ezeket lehet fejleszteni vagy akár arra is képes lehet, hogy teljesen új szemszögből közelítse meg a kiválasztott alapanyagot.

Ha festett alumínium lemezeről van szó fontos szem előtt tartani magát a festéket is. Mivel a festék olyan kémiai elemeket tartalmaz, melyek hatására a felületünk megváltozik, így a felületi szerkezetét változtatnunk kell ahhoz, hogy megtaláljuk azt a pontot, ahol a ragasztó szinte tökéletesen tapad a felülethez és nem válik le róla a kitérhálósodási idő után sem.

Különböző felületkezelési eljárásokkal tudjuk biztosítani a felület nedvesítését. Lehet lézersugaras felületkezeléssel, gázlángolással és kémiai vegyületekkel kezelni. Természetesen van ezeken kívül más lehetőség is, de azoknál sok roncsolja a festéket, így esztétikailag nem lesz megfelelő. Ha a felületen szemmel látható felületkezelési módosítás észlehető, akkor át kell gondolnunk, hogy mit és hogyan kell változtatnunk, mert nem elég egyszer hangsúlyozni, hogy a felületünkön a festék nem sérülhet, és végképp nem válhat le az alapanyagról.

Ebben a leírt dolgozatban arról olvashatnak, milyen felületkezelési módszerekkel kísérleteztem, hogy a ragasztás minél tökéletesebb legyen.

2. Alumínium lemezek

2.1. Az alumíniumokról általánosságban

Az alumínium a periódusos rendszer III.főcsoportjába tartozó könnyűfém. Rendszáma: 13; vegyjele: Al. Színe ezüstös, levegő hatására a felszínén oxidréteg alakul ki, amely védi az oxidációtól. Kis sűrűséggel rendelkezik (fajsúlya: $2,7\text{g/cm}^3$) és kedvezőek a mechanikai tulajdonságai.

Az alumínium puha, vágható könnyűfém. A felületén lévő alumínium-oxid (Al_2O_3) védő hatású, emiatt passzív fém, így nem támadják meg a tömény savak sem. Amorf jellegű. Ha az oxid réteget eltávolítjuk, akkor a vízzel reagál és alumínium-hidroxid ($\text{Al}(\text{OH})_3$) keletkezik és hidrogén gáz szabadul fel. Az eloxálás alkalmazását az iparban az alumínium termékekre széleskörűen használják, mivel mesterségesen vastagítják az oxidréteget.

Kristályrácsa lapközepes-köbös. Nem mágnesezhető, szakítószilárdsága kicsi, valamint rosszul önthető. Kiváló hő és elektromos vezető.

Az alumínium a földkéreg harmadik leggyakoribb eleme, de elemi állapotban nem fordul elő, nagy kémiai reakcióképessége miatt [1].



1. ábra: Alumínium

2.2. Felhasználási területei

A felhasználási köre nagyon szerteágazó. A kis alkatrészekről, egészen a nagyipari felhasználásig. A járműgyártásban az energiacsökkentés a fő szempont, a légi iparban is előszeretettel alkalmazzák a teherbírasi képessége miatt.

Az építőiparban először az 1920-as években alkalmazták először, ekkor viszont csak díszítőelemként volt ismert. 1930-ban tört be az igazi építésbe, amikor az Empire State Building épületének szerkezetében alkalmazták.

Azóta is egyre gyakrabban burkolatelemként és vázszerkezetként is jelen van. Több módon is, például színtelenül vagy színezve láthatjuk az iparban. Manapság az alumíniumot

energiahatékony és fenntartható építőanyagként ismerik el. A tervezők és kivitelezők előszeretettel alkalmazzák [1].



2. ábra: Alumínium karosszéria

2.3. Gyártás és gyártástechnológia

A földkéreg gyakori eleme az alumínium, viszont elemi nem fellelhető, csak oxid formában (Al_2O_3). Ásványként úgy jelenik meg, mint bauxit, kaolinit, nefelin és alunit.



3. ábra: Bauxit kőzet

A timföld gyártása úgy indul, hogy törést és pörkölést és őrlést végzünk a bauxiton. A feltárás folyamatában magas hőmérsékleten kioldják nátriumlúggal (NaOH), az alumínium vegyületeket. Ülepítéssel és szűréssel szétválasztják a keletkezett aluminátlúgot, a fel nem oldott vörösiszaptól. Ebből az oldatból kikeverés során kiválasztják az alumínium-hidroxidot, miközben hűtést alkalmaznak. Az oldatot leszűrik, kalcinálást hajtanak végre, tehát csökemencében izzítva timfölddé alakítják. Ez a Bayer féle lúgos eljárás.

A timföldet elektrolízis során alakítják át alumínium gyártmánnyá. A folyamat elején a timföldet kriolittal (Na_3AlF_6) keverik, az olvadáspont csökkentése céljából. Az olvadáspont 2050°C -ról 1000°C alá csökken. Elektrolízissel a timföldet alumíniummá redukálják. Ezt

kohóalumíniumnak nevezzük és tisztasága 99,3% - 99,7% körül van. A kohóalumínium további tisztítása szintén elektrolízissel történik, ebből megkapható az úgynevezett négykilences alumínium (99,99%-os tisztaság).

4 kg bauxitból 1 kg alumínium nyerhető ki, viszont az elektrolízis áramfelvétele igen nagy, így az előállítás jóval költségesebb egy acélhoz mérve. Így az acél helyettesítése egy ugyanolyan szilárdságú, de kisebb sűrűségű alumínium ötvözzel jelentős költségnövekedéssel jár.

A kohóalumíniumot többféle feldolgozásban tudjuk hasznosítani. Tuskóöntéssel képlékenyalakítást hajtunk rajta végre. Hideg-, és meleghengerléssel lemezeket, szalagokat, tárcsákat és fóliákat gyártunk.

Sajtott, húzott termékek lehetnek rudak, idomok, csövek, huzalok, profilos szelvények, lágy, félkemény és kemény kivitelben [2].

2.4. Az alumíniumok felhasználása az iparban

Az alumínium az iparágakban nagyon sokrétű. Mivel több hasznos tulajdonsága van, így a különböző gyártmányoknál hasznosíthatják. A villamos-, és hővezetésben alkalmazzuk, mivel jól vezeti a villamosenergiát és a hőt. Nem mágnesezhető, így az épületeken belül és kívül nem okoz problémát. Nagy az affinitása az oxigénhez, így korrózióállósága nagyon erős. Ez a vékony felület magas olvadáspontú, így nem könnyű eltávolítani a felületről. Vegyületei nem mérgezőek, így környezettudatosan tudja újrahasznosítani az ipar. Tág határok között javítható a szilárdsága. Igaz, ez tisztaságától változhat. A kis sűrűség miatt az alumíniumot és ötvözeit több iparág is alkalmazza.

A meleg és hideg hengerelt lemezeket felhasználási lehetőségeik alapján olyan iparágak használják, mint például: járműipar, elektrotechnikai ipar, építészet, csomagolóipar, stb.

Kis tömeg, a jó korrózióállóság, a jó felületi minőség, valamint a megfelelő mechanikai tulajdonságok indokolják e területeken a használatát.

Az építőiparban két módon alkalmazzák. Festetten és színtelenül. A festettre azért van szükség, hogy látványosabb és dekoratívabb építmények készüljenek a környezet számára. Általában porfestést használnak ezen elemek színezésére, de vannak más módok is [3].



4. ábra: Alumínium homlokzat

2.5. Festett alumínium lemez

A lemezeken általában porfestést alkalmaznak, mellyel megadják az esztétikai kinézethez megadott színt és ezzel biztosítják a jó küllemű megjelenést.

A porfestés folyamata úgy kezdődik, hogy a lemezeket mossák, tisztítják, zsírtalanítják és passziválják. Ha e négy feltétel egyike nem teljesül, akkor a porfestés nem tökéletes, így a lemezünk nem alkalmas a különböző esztétikai szerepét betölteni.

Porszóró berendezéssel elektrosztatikusan feltöltött színezett műanyagpor alapú festéket fújnak. Az alkatrész föld potenciállal rendelkezik, ebből következik, hogy magához vonzza a festéket. Befejező lépésként kemencébe helyezik vagy szárítókamrába, attól függően, hogy a festékünk ráolvasztással vagy szárítással tapad meg a felületen. A kemencét 160-200°C-ra melegítik fel. Előnyei közé tartozik a tartós felületi eredmény, az ellenálló képességük (UV-, és időtálló; korrózióálló). Egyedi színeket és textúrákat alkalmazhatunk és dekoratív felületeket kapunk.

A porfestést több tényező is befolyásolja, ha arról van szó, hogy milyen végeredményt akarunk elérni. Ezek lehetnek színkódok, rétegvastagság, felhasználás, fényesség, struktúra, felfogási pont/ok, minőségi követelmények.

Az elkészült lemezeket akkreditált laboratóriumokban vizsgálják, keménységvizsgálat, korrózió és mechanikai vizsgálat, szín és festék vizsgálat.

Ha a festett alumínium lemezünk megfelel a követelményeknek, amelyek a leírtak alapján több szempontból is vizsgálunk, akkor betöltheti felhasználási helyét. A járműiparban először formázzák, és csak utána festik, de ettől függetlenül rá is ugyanazok a szabályok vonatkoznak, mint egy előre színezett lemeznél. Az építőiparban egyre

gyakrabban és többször alkalmazzák a festett alumínium lemezt. Egészen a kis méreteken át a nagy lemeztábláig, melyekkel nem csak díszítenek, hanem az épület vázfelépítésében is szerepet játszanak. Ha a lemezünk festett, figyelniük kell, hogy ne sérüljön a felülete, mert sokszor nem javítható, így újra fel kell dolgozni. Amikor homlokburkolatként van jelen, arra is ügyelniük kell, hogy a szín ne legyen túl erős a napfény hatására, mivel az bánthatja az emberi szemet [3].

2.6. Kötéstechnológiák az alumíniumra

Az alumínium elemek kötésére különböző módokat ismerünk, ezek közül a leggyakoribbak a hegesztés, forrasztás és ragasztás.

Forrasztás: A forrasztás a hegesztéshez hasonlóan fémek között oldhatatlan kötést képez, ez egy diffúziós kötés, ami a hegesztéssel ellentétben az alapanyagok megolvadása nélkül hozható létre. Előnye, hogy a készre munkált alkatrészeket lényeges alakváltozás nélkül köti össze. A forrasztás mindig az alapanyagtól különböző, kisebb olvadáspontú anyaggal (forraszanyaggal) történik. Forrasztáskor a fém felülete tiszta kell, hogy legyen, nem szabad olyan szennyeződések tartalmaznia, amely a fémes kötést akadályozza. Az alumínium azért nem egy jó választás forrasztásra, mivel könnyen oxidálódik és felületén stabil oxidréteget képez. Ez nagyban befolyásolja a forrasztást [4].

Hegesztés: A hegesztés szintén fém alkatrészek oldhatatlan kötással való illesztésére szolgál. Ez a kötési technológia már évtizedek óta elterjedt és nagy alkalmazási területtel bír. Hegesztéskor a fémek atomjait és molekuláit összetartó erők hasznosításával jön létre a kötés. Kohéziós kapcsolatokat képez, mivel a hegesztés helyén az alkatrészek anyagát vékony rétegben megolvasztja és így köti össze, valamint hozaganyag beolvasztását is alkalmazzák. Létezik ömlesztő-, és sajtolóhegesztés, ezeken felül dörzshegesztés is alkalmazott a fémeknél. A színalumínium mind ömlesztő, mind sajtolóhegesztéssel kiváló kötést képez. Viszont figyelniük kell, hogy egyetlen hőmérsékleten ömlik, illetve dermed. Ha megömlött állapotban van, mohón nyeli a hidrogént. Mivel jó a hővezető képessége, nagyobb hőbevitelre van szükség a folyamat során [5].



5. ábra: Alumínium hegesztés

Ragasztás: A ragasztás olyan technológia, amely a szilárd testek között tartós kötést hoz létre anélkül, hogy az összekötött anyagok szerkezeti felépítése vagy eredeti tulajdonságai lényegesen megváltoznának. A ragasztót leggyakrabban folyékony állapotban viszik fel a felületre. Erre azért van szükség, mivel ebben az állapotban nedvesíti a ragasztandó felületet és tapad rá. Ez egy alapvető fontosság. A ragasztás adhézió és a ragasztó molekulák közötti kohéziós erőn alapul a ragasztó és a ragasztandó felület között. A ragasztó kötése során kialakul a kölcsönhatás, amelyek fixálódnak és ezáltal kikeményednek.

Az alumínium ragasztása során figyelniük kell rá, hogy a felület színtelen vagy színes. A két felület között ragasztásban különbségek adódhatnak. Előszeretettel használják ezt a kötésfajtát, mivel a felületek nem roncsolódnak, így az adott termék nem deformált és esztétikailag is jobb kinézettel rendelkezik.

A járműiparban előszeretettel alkalmazzák a ragasztást, mint kötéstechnológiát. Nem csak a felületek összekötésére, de mint tömítőanyagot is használják. Azért fontos ez a technológia, mivel a legkisebb lyukakat is ki tudjuk vele tölteni. Az építőipar is egyre több helyen alkalmazza, mivel erős kötés jön létre a felületek között és nem kell aggódni az esztétika miatt.

A ragasztók nagy választékban állnak az iparágak rendelkezésére, így fontos a különböző anyagokkal kísérletezni és a legmegfelelőbbet választani. A ragasztógyártók nem csak ragasztóanyagot, hanem a hozzá kellő segédanyagokat is rendelkezésre bocsájtják, így egy jó alapú és ragasztott felületet kapunk.

Az építőipar számára a ragasztás a jövőt képezi a homlokzatburkolati elemek rögzítési folyamatában [6].

3. Ragasztók:

3.1. Elkészítési technológiák

3.1.1. Természetes alapú ragasztók:

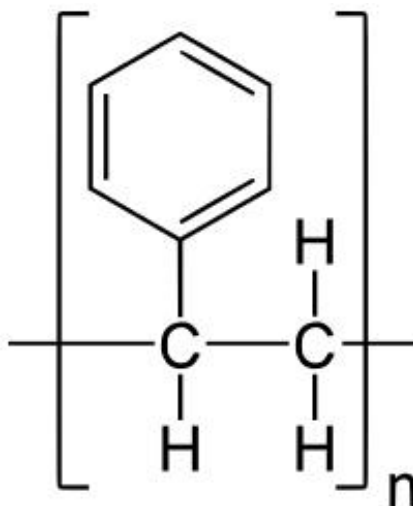
A csontragasztó, a bőr-, és halragasztó készítéséhez – kisebb eltérésekkel – ugyanazokat az alapvető eljárásokat alkalmazzuk. A bőroket és egyéb hulladékokat megmossák, hogy eltávolítsák a szennyeződések, és beáztatják őket, hogy megpuhuljanak. Az alapanyagot több vízfürdőn vezetik át, amelyben több és több meszet adnak hozzá. Erre azért van szükség, hogy a bőr megduzzadjon és lebomoljon. A bőroket kiöblítik, hogy eltávolítsák a meszet. Az utolsó mészmaradványokat gyenge savakkal távolítják el.

Az alapanyagot vagy nyílt tartályokban forralják, de autoklávokban nyomás alatt is főzik. Ezután a terméket gőztekercsekben forralják víz hozzáadásával több cikluson keresztül, hogy megkapják az úgynevezett „ragasztó folyadékot”. A kész ragasztó zselés állagú és szennyeződések tartalmaz, melyeket különböző technológiákkal távolítanak el.

A színüket különböző adalékanyagokkal adják meg [6].

3.1.2. Szintetikus ragasztók:

A szintetikus ragasztók polimerizáció segítségével készülnek különböző monomerekből, amelyek lehetnek uretánok, vinil-acetát, propilén, etilén, észter. A reakció beindításához valamilyen katalizátorra van szükség, amely lehet sav, vagy valamilyen gáz, esetleg ezeknek a keveréke [6].



6. ábra: Polisztirol képlete

3.2. Ipari felhasználásuk

A ragasztókat több módon is hasznosíthatjuk. Attól függően, hogy a háztartásban vagy az iparban akarjuk felhasználni, több használati módja ismert.

A háztartásokban egészen kis mennyiség szokott előfordulni, míg az iparban igen nagymértékű a felhasználás. Kis mennyiségeknél tubusokat alkalmaznak, és kialakításuk könnyűvé teszi a gyors használatra és egyszerű felvitelre. Számtalan olyan csomagolással találkozhatunk, melyek kialakítása könnyűvé teszi a pontos adagolást is.

Az iparban sokrétű az adagolási forma. Egészen a kézi kinyomó pisztolyokon át a robotokig. A háztartási felhasználású ragasztókkal szemben itt a kiszerezések már nem 50ml körüliek, hanem már elérik akár literes mértéket is. Attól függően, hogy mivel adagoljuk a ragasztót (kézi vagy gépi adagolás) döntjük el a kiszerezés nagyságát. A ragasztópisztolyba hurka alakú tubusban kerül a ragasztó. A robotok csőrendszeren keresztül juttatják ki a ragasztót.

Léteznek még kiegészítő berendezések, melyek segítik a ragasztás hatékonyságát [6].

3.3. A ragasztók típusai

3.3.1. Természetes eredetű

A termékek alapjai növény-, illetve állatvilág építőanyagai vagy termékei. A növényvilág több faja is képes olyan anyagokat vagy terméseket hozni, amely fizikai és kémiai átalakítással ragasztásra alkalmassá tehető. A cellulóz önmagában nem alkalmas ragasztástechnikai célra. A különböző észterei önmagukban vagy gyantával kombinálva alkalmasak lakkok, filmek, ragasztók készítéséhez.

A növényi keményítőből vizes főzéssel csiriz nyerhető és ragasztóként alkalmazható. Bár ezek a kötések gyengék és nedvességre érzékenyek.

A kaucsuklatex, vizes alapú latexragasztóként nedves felületen is használható.

Állati eredetű ragasztóanyag az enyv. Ezek vízdékony fehérjék, por alakban kerül forgalomba és vízzel keverve lehet feldolgozni. Magas gyanta és olaj tartalmú fák ragasztására alkalmas.

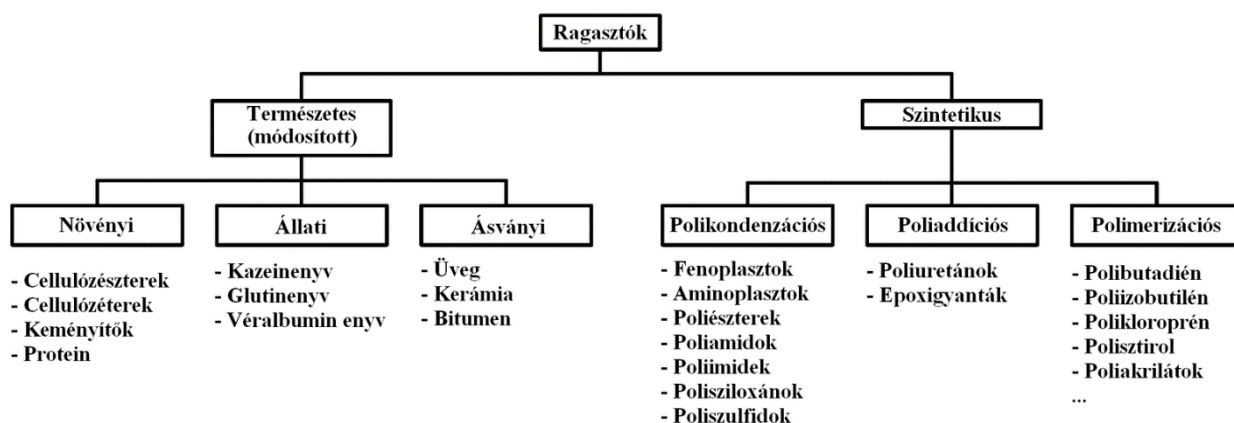
A legelterjedtebb a glutinenyv. Ez az elnevezés a különböző állati eredetű enyv összefoglaló neve. Fa, papír, bőr, textíliák ragasztására használják [6].

3.3.2. Ásványi eredetű:

Lehetnek szervesek és szervetlenek is. Szűkkörű a felhasználásuk, de nagy fontosságú anyagok. Az üvegömladék ragasztókat hő-, és tűzálló fémkötésekhez alkalmazták. A

kerámiaragasztók az üvegnél általánosabban használhatók hőálló kötések kialakítására. Legismertebb a vízüveg, mely ragasztó kezdeti ragadóssága kicsi, ezért illesztés után a kötés kialakulásáig megfelelő nyomást kell alkalmazni. A száraz ragasztó törékeny és vízérzékeny. Sok kémiai összetételű anyag felé gyengeséget mutat, viszont jó hő-, baktérium-, és penészálló [6].

3.3.3. Szintetikus ragasztók:



7. ábra: Ragasztók csoportosítása

Polikondenzációs ragasztók: a térhálósítható ragasztók közé tartoznak a poliészterek. Poliészter gyantát gyártanak, de nem mindegyiküket lehet használni ragasztóként. Legnagyobb felhasználási területük erősített rendszerek üvegszállal való előállítására, lakkipari felhasználásuk is jelentős. Üvegszál-vázis anyagok, fémek és fa ragasztására alkalmazzák. Szobahőmérsékleten térhálósodik ki, kémiai ellenálló képessége kiváló. Gyakran alkalmazunk szilikongyanta ragasztót is, mely melegen vagy hidegen térhálósodik, alapláncolatától függően.

Poliaddíciós ragasztók: az egyik legnagyobb mennyiségben előállított polimerek a poliuretánok. Széleskörű a használatuk, igen jó tulajdonságokkal bírnak. Fa, fém és gumiiparban használják. Ezt a típusú ragasztót előszeretettel használják műanyagok ragasztásához is. A poliuretán kötések elasztikusak, ellenállnak a víznek, olajnak, zsíroknak és oldószereknek. Jellemzőségük, hogy hőre keményedő anyagok, emiatt több előnyük is van, például felületaktívak, jó adhéziós tulajdonságokkal bírnak, kohéziós szilárdságuk, valamint zsugorodásuk kicsi. Jól módosíthatóak más polimerekkel. Kétkomponensű ragasztóként ismert.

Polimerizációs ragasztók: a polisztirol széles körben elterjedt anyag. Oldatát elsősorban a vele hasonló összetételű anyagok ragasztására használják. A folyamat során ügyelni kell arra, hogy a ragasztó oldja a vele összeragasztandó anyagot, emiatt az elhomályosodhat,

vagy akár repedések is keletkezhetnek az anyagon. Polisztirolon, PVC-n és polietilénen szokták alkalmazni. Ha a benzol peroxidos keverékét szobahőmérsékleten hagyjuk, akkor rövid időn belül polimerizálódik. Oldószeres ragasztóként ismerjük ezeket [7].

4. Festett alumínium lemezek felületi előkészítése ragasztáshoz

4.1. Tisztítás és zsírtalanítás

Már magához a festéshez is fontos az alumínium felület tisztasága. Különböző szennyeződések tapadhatnak meg a felületen, melyeket el kell távolítani. Általában valamilyen alkoholt alkalmaznak a tisztításra. A legegyszerűbb a metanol, amely telített alkohol. A metanol színtelen, jellegzetes szagú, kis viszkozitású folyadék. Vannak gyári alkoholos vegyületek is, amiket alkalmazunk, itt viszont a különböző gyártók eltérnek egymástól és mivel festett lemezzel dolgozunk, ezért sok nem alkalmas tisztításra. A festékekkel reakcióba lépve könnyen sértheti a festéket, ha nem a megfelelő módon és mennyiségben visszük fel a felületre.

A másik lehetséges mód a lemezek tisztítására a benzin. A benzint nyers természetes kőolajból nyerik ki, desztillálás során. Az alkoholhoz hasonlóan ez is színtelen folyadék, melynek szaga jellegzetes, leginkább a petróleuméra emlékeztet. Vízben oldhatatlan. Orvosi tisztaságú változatát, a sebbenzint (Benzinum medicinale) alkalmazhatjuk, mint lemeztisztítót [8].

4.2. Primerek a ragasztó és a felület kölcsönhatás problémái kezelésére

A ragasztó primer általában egy ragasztó híg oldata szerves oldószerben. Az oldatot a tapadóelemre viszik fel, és egy 0,0015-0,05 mm vastagságú, megszáradt filmet hoznak létre. Néhány funkciója a következő: Javítja a nedvesítést, védi a ragasztandó felületet az oxidációtól, így jobb minőségű lesz a tapadás, mert a ragasztó a primerhez tapad, nem a felületi oxidréteghez. Tehát korróziógátlók. Módosítják a ragasztó tulajdonságait, hogy javítsák bizonyos jellemzőiket, például a lehúzóerőt. Védőbevonatként szolgálnak a ragasztó és az adhéziós anyag közötti kedvezőtlen reakciók megelőzésére. Megtartja a tapadását vagy tapadást fejleszt szobahőmérsékleten vagy megemelt hőmérsékleten.

Az alapozók használata rugalmasabb gyártási ütemezést, az illesztések nagyfokú megbízhatóságát, kevésbé szigorú kikeményedési feltételeket, nagyobb mozgásteret biztosít a ragasztórendszer kiválasztásában és tartósabb illesztéseket. Az alapozók általában nem keményednek ki teljesen a kezdeti alkalmazás során. Szobahőmérsékleten száradnak, néhányat pedig 30-60 percig 65,5°C-on kényszer-száritanak [8].

4.3. Alap felületkezelési eljárások

Homokszórás: más néven homokfúvás technológiája az egyik legrégebbi szemcseszórásos felülettisztítási eljárás. Főképp épületek, kerítések, síremlékek és ezek

munkálatai során alkalmazzák. Kiváló mechanikailag kifejtett hatása jobb eljárást biztosított, illetve nem elhanyagolható az sem, hogy rendkívül jól leköveti a felület alakját, így apróbb rések és addig nehezen hozzáférhető helyek váltak egyszerűen megmunkálhatóvá. Manapság egészen a kis vállalkozóktól, a nagyiparig előszeretettel használják. Egy nagy teljesítményű kompresszor levegő segítségével nagy nyomáson juttatja a homokot a tartályból, szórótömlőn keresztül, a felületre. Ez hőterheléssel jár, mely eredménye a sérülés vagy deformáció. A festett alumínium lemezekre ezért nem alkalmazzuk [9].

Csiszolás: a csiszolás az anyagmegmunkálás fontos tényezője. A fém iparágnak domináns jelentőségű. A csiszolás anyag és technológiai ismeretet igényel, sok helyen magas szintűen elvárják az ehhez tartozó tudást. A csiszolóanyagokon és eszközökön keresztül tudjuk megmunkálni az adott anyagunkat jelen esetben a festett alumínium lemezt. Mielőtt elkezdjük magát a technológiát alkalmazni fontos kiválasztani a csiszolóanyagot, mivel sok-sok fajtája ismert és a mai napig fejlődőképes. Egészen a durva csiszolópapírokon át, a legfinomabb csiszolóvásznakig. A mai világban a legtöbb helyen gépi csiszolókat alkalmaznak, ám van olyan terület, ahol megmaradtak az egyszerű kézi csiszolószerszámok. Számunkra a csiszolás roncsoló felületkezelés, mivel sérti a festéket és ezáltal rontja az esztétikai kinézetet [10].



8. ábra: Kézi csiszológép

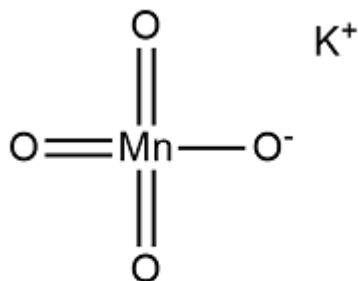
4.4. Kémiai felületkezelési eljárások

A kémiában sok olyan vegyület akad, melyeket több iparágban is alkalmaznak. Ha magáról egy oldatról beszélünk, akkor lehet lúgos, semleges vagy savas. Fontos tudnunk, hogy az anyagunk mikor lép reakcióba egyes kémiai vegyületekkel, mivel heves reakciót is

kiválthat. Ha a reakciónk nem megfelelő vagy éppen nem reagál egymással a két anyag, akkor bekövetkezhet, hogy az alapanyagunk, melyet vegyi úton akartunk kezelni, túlságosan roncsolódik, vagy semmilyen reakciót nem mutat.

A permanganátok aniont tartalmazó vegyületek összessége. Erős oxidálószer. A permanganátok oldata akkor stabil, ha semleges vagy enyhén lúgos közegben található. A permangánsav sóit gyakran használják a redoxi-reakciók mennyiségi elemzésére.

A kénsav erős ásványi sav és vízzel korlátlanul elegyedik. A vegyi ipar egyik legfontosabb vegyülete és állandó alapanyagként tartják számon. A tömény kénsav vízelvonó szer. A festékiparban is alkalmazzák, ám ott megfelelő arányban keverik. Mérgező az emberi szervezet számára, így fontos hangsúlyozni a megfelelő előállítását és felhasználását. Maró hatású anyag, elővigyázatosan kell használni [11].



Potassium permanganate

9. ábra: Kálium-permanganát képlete

4.5. Gáz lángolás

A fémlemezek gyártási folyamata során, a felületen olyan üzemi maradványok maradhatnak, mint az olajok, zsírok vagy más szennyező anyagok, a lángkezelés zsírtalanítja és/vagy megtisztítja a felületet a szennyező anyagoktól, amelyek szennyezhetik a felületet, előkészítve a felületet a további bevonatolás vagy ragasztás előtt. Ez elősegíti a tapadást és ezáltal a bevonat, illetve ragasztás tartósságát.

Egy másik szennyeződés, amely a felületen előfordulhat, az amorf oxidréteg, amely a hengerlés után a levegőben lévő oxigén és a nedvesség kémiai reakciójának eredményeként alakul ki. Az izzítási folyamat során ez az oxid képezi a gátat, amely vastagabbá válik mind az oxidrétegen keresztül történő fokozott oxigéndiffúzió, mind az alumínium hő hatására bekövetkező kémiai reakciója következtében. Az izzítás hője elősegíti a vízvesztést és a tömörebb oxidot, lényegében egy gátló réteget hozva létre az alumínium tetején.

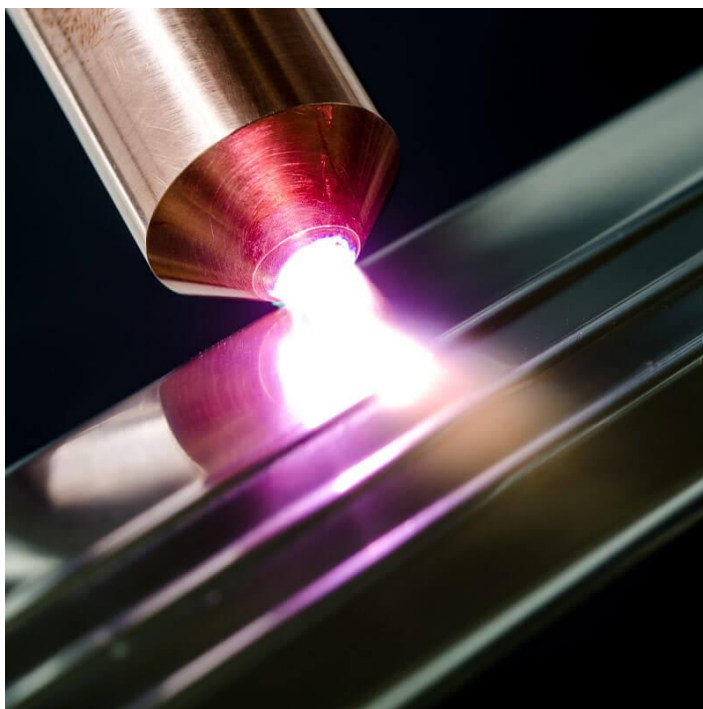
Valamint ennek az eljárásnak a segítségével javítható a lemez felületi energiája, így ragasztás során magasabb minőségűek lehetnek az adhézión kötések a ragasztásban [12].

4.6. Lézersugaras felületkezelés

A lézersugaras felületkezelést manapság előszeretettel alkalmazzák. Egy felületnek más tulajdonságai vannak, mint az anyag belsejének, ezért fontos, hogy csak azt a részt kezeljük, ami számunkra hasznos. Ha lézersugárral kezeljük a felületet, fokozottan figyelünk arra, hogy a felületünk ne olvadjon meg, de ugyanakkor figyelünk arra, hogy a vas ötvözetek felületi rétegében ausztenites szerkezet alakuljon ki. A martenzites szerkezet elérése az edző hatású hűtésnek köszönhető. A felületi kopásállóság nő, viszont a kifáradási hajlam csökken [13].

4.7. Plazma felületkezelés

A plazma felületkezelési módszerek két fontos mechanizmussal rendelkeznek a felületi reakciók tekintetében. Az egyik egy fizikai reakció, amelyet ionos aktivitással végzünk. A másik a szabad gyökök által létrehozott kémiai reakció. A fizikai reakciók során az ionos részecskék töltést és mozgási energiát kapnak egy elektródából előállított elektromos tápegységből. A molekulák és az atomok a kezelésben lévő felületektől eltávolodnak, mivel az elektromos mező energiája átkerül ezekre az ionokra. Ez növeli a molekuláris felületi érdességet és elősegíti a felület tapadását. A plazmából származó kémiai reakciók szabad gyökös hatásokra támaszkodnak, amelyek a felületeken keletkeznek. Ezek a kémiailag aktív szabad gyökök csökkentik a kémiai reakció aktiválási potenciálját, ami a felszíni anyag atomi méretű eltávolítását eredményezi. Ebből következik, hogy a felületi reakciókat a minta felületén található gázfázisú reakció elemek jellemzik. A normál nyomáson való működtetés gazdasági előnyei számos ipari, tudományos és akadémiai nemtermikus plazmaforrás kifejlesztését hozta magával. A legfontosabb minta feldolgozási alkalmazások közé tartozik a fémek és polimerek felszíni maratása. Ezek az eszközök képesek biológiai és kémiai anyagok lebontására, a felületi szennyeződések eltávolítására, valamint az instabil atommagok eltávolítására a felületekről [14].



10. ábra: Plazma felületkezelés

5. Célkitűzés

A kutatási munka során célomnak festett alumínium lemezek határfelületi energiájának javítását tűztem ki. Különböző felületmódosítási eljárásokat veszek figyelembe, melyek segítségével a nedvesítést változó hatását, továbbá a vizsgálat topográfiai módosulását kapom eredményül. A korszerű lézersugaras technológiák használata az egyik fontos szempont. Lézersugaras kísérletek által változtatom a felületet és vizsgálom az elváltozást a felszínen. A gázlánggal felületi hőbevitelt viszek véghez, ami szintén hozzájárul a vizsgált felület nedvesítési képességének megváltozásának eredményéhez. Számomra közel álló tudományban, a kémiában is alkalmazott vegyszerekkel végeztem felületkezelést.

A ragasztás vizsgálata volt a legfőbb cél, hisz ez mutatja meg, hogy a festett felületek hogyan és miként léptek reakcióba a szintetikus ragasztókkal és milyen eredményeket mutatnak.

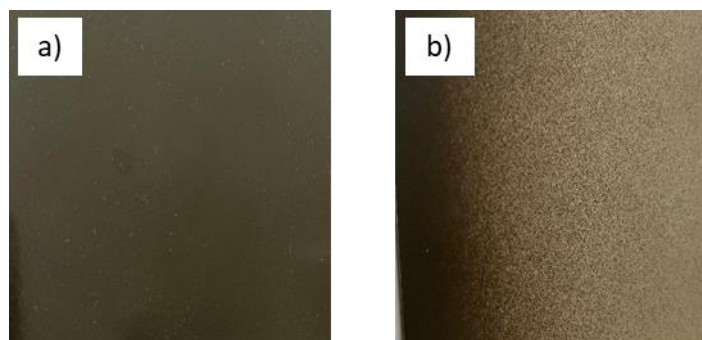
6. Felhasznált anyagok és technológiák

6.1. Festett alumínium lemezek és L-profilok

Az Alukonstrukt kft. által használt saját és beszállítója által burkolat elemként használt festett alumínium lemez volt az egyik fő alapja a kutatási munka megkezdésének. Amelynek paramétere a 4 mm-es vastagság.

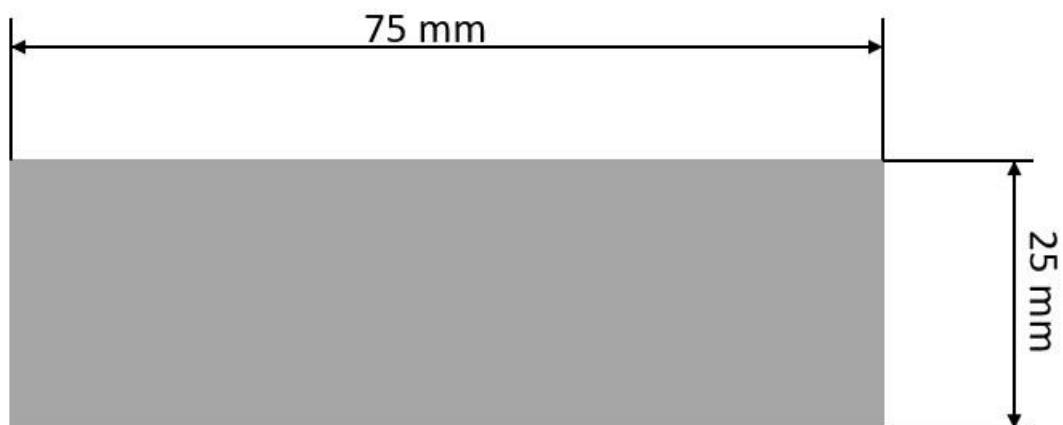
A festett alumínium lemez két különböző színárnyalatot visel. A cég által festett fekete porlakkal borított lemezen és a beszállítói szürke színt viselő lemezen is történt kísérletezés.

A magyar cég által festett fényes lemezre festőkabinban viszik fel a színt. Fontos megjegyezni, hogy a lemezt tisztítás után csak egyik felén vonják be teljes mértékben, a másik felére a porfestés miatt kerül színanyag, viszont nem fedi be a teljes felületet. 20-30 mikron vastagságú felületi réteget kap. Ráégetik a felületre így biztosítva a tapadást.. A teljes színnel rendelkező felület kerül a külső burkolatra. A nem teljesen festett felületen pedig ragasztást végeznek.

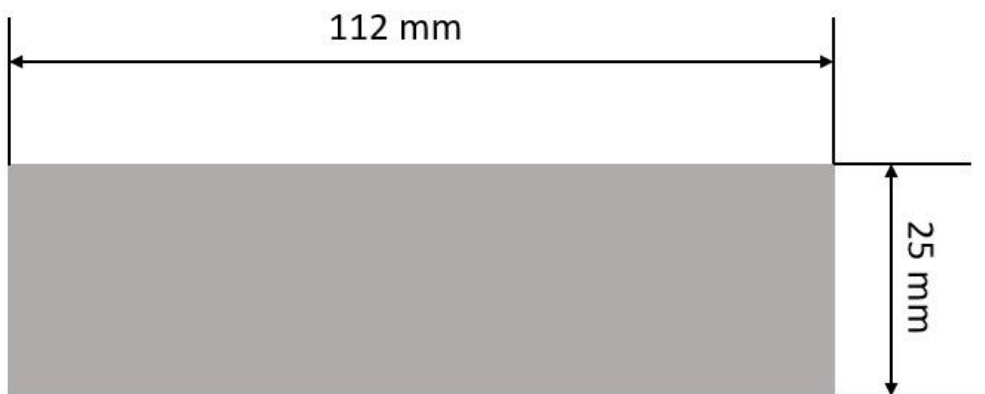


11. ábra: Alukonstrukt által festett lemez a) eleje és b) hátoldala

A beszállító által érkező lemez az Alucobond A2 névre hallgató lemez. A homlokburkolati lemez egyik felét, mely az emberek számára látható lesz, porfestéssel fedik. A másik felét, tehát, amire a ragasztó fog kerülni, azon temperáló eljárást végeznek és így színezik a felületet. Nagy ellenálló képességgel bír és nem éghető. A magyar cég saját magának vágja méretre az alapanyagot CNC programozású gép segítségével. Ügyelnek arra, hogy ne roncsolják gyári festett színt, erre szolgál a beszállító által az alapanyagra képzett fólia anyagú védőbevonat. Munkám során lemezvágó olló segítségével vágtam ki a kísérletekhez a megfelelő méretű próbatesteket.

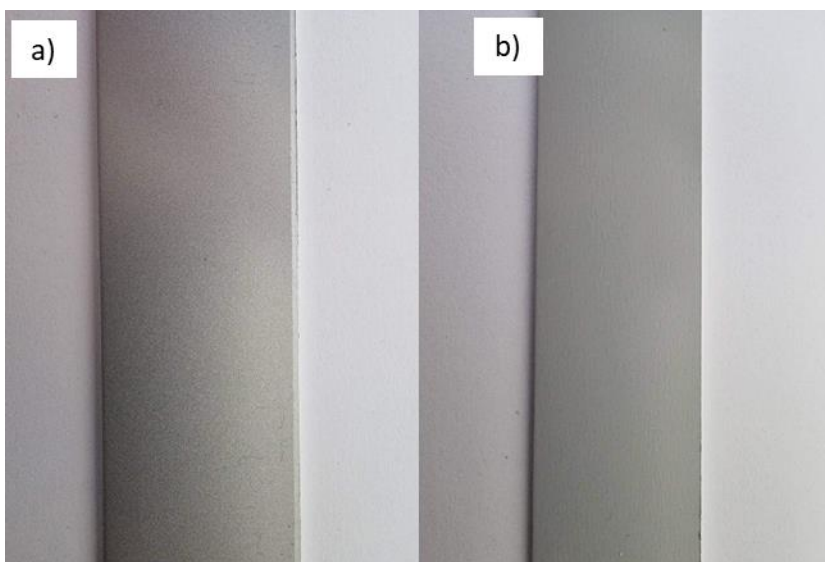


12. ábra: Kísérletekhez használt lemezméret



13. ábra: Ragasztáshoz használt lemezméret

Két méret volt, az egyik szolgált a lézersugaras, lánggal kezelt és kémiai vegyületek kísérleteinek lebonyolításához, a másik a ragasztás vizsgálatához.



14. ábra: Beszállító által festett lemez a) festett, b) temperált oldala

A ragasztáshoz használtam még L-profilokat. Ez az alapanyag sima alumíniumból készült és nem volt festve. L alakban hajlított szintén, 4 mm vastag lemezeiről beszélünk.

Mielőtt bármelyik kísérletet végrehajtottam volna, a lemez próbatesteket metanollal tisztítottam és zsírtalanítottam, hogy megfelelő tisztaságúak legyenek.

6.2. Primerek és ragasztók

A primerek és ragasztók közül két gyártót választottunk ki, melyekkel az Alukonstrukt kft. is dolgozik. A Sikaflex és a Dowsil ragasztókat részesíti előnyben a cég. Valamint a Sika márkához tartozó ragasztáshoz használható távtartót alkalmaztuk. A primerek közül is az ehhez a két márkához tartozó termékeket alkalmaztuk.

Sikaflex252: Egykomponensű poliuretán ragasztóanyag, amely rugalmas tulajdonságokkal rendelkezik, tehát elasztikusnak mondható. Kifejezetten nagyméretű modulok és elemek konstrukciós ragasztásához lett fejlesztve. A ragasztó alap felületeken jól tapad és dinamikus terhelést is elbír. Az általunk használt ragasztó színe fehér, de fekete és szürke színben is megvásárolható. Nedvességre térhálósodik és 10-35°C-on jó a felhasználása. Mivel a levegő nedvességtartalmára reagál és köt meg, így ha alacsony a hőmérséklet, akkor a reakció lassul. A ragasztó azért jó választás a burkolóelemek összeillesztésére, mivel ellenálló a vízzel, híg savakkal és lúgokkal szemben. A felület ragasztásához kézi kinyomó pisztolyt alkalmaztunk a ragasztónál és spatula segítségével távolítottuk el a többlet anyagot a felületről.

Dowsil896: egykomponensű szilikon ragasztó, melynek azonnali kezdeti szilárdsággal rendelkezik. Nagy szilárdsággal bír. Ez a ragasztó tartós és az ipar számára azért hasznos,

mert ha kell, azonnali szilárdságot biztosít, ezért a gyártás gyorsabban tud haladni, mivel nem kell annyi időt szánni a kitérhálósodásra. Jó ellenálló képességgel rendelkezik a dinamikus és állandó teherbírással szemben. UV-, és hőmérsékletellenállósága miatt jobb, mint a szerves tömítőanyagok többsége. Magas páratartalom esetén könnyen és gyorsan térhálósodik. Ezen ragasztónál is kézi kinyomópisztolyt alkalmaztunk a felület ragasztóval való bevonásához és ugyanúgy spatulával távolítottuk el a többlet mennyiséget.

Távtartó ragasztó: Nagyon széles körben használják fel, szerelési segédanyagként, rögzítésként, tömítésként és illesztésekben két anyagtípus csatlakoztatásához alkalmazzák. Előszeretettel használják, mivel nagyon simulékony és kiváló alakvisszanyerő, valamint jó a hőálló képessége. Több vastagságban is elérhető, mi a 3 mm-es SikaTack Panel Fixing Tape állt rendelkezésre, melyet tekercs formájában kaptunk, a sáv szélessége 12 mm volt. Számunkra a ragasztott alumínium lemez és L-profil összekötésében, illetve lemez és lemez kötésében játszott szerepet.

Primer: A Sika Primer-207 egy oldószerbázisú fekete alapozó folyadék, ami reagál a nedvességgel és egy vékony réteget hoz létre. Ez a réteg összeköttetést képez az alapfelület és felhasznált ragasztó között. A Sika Primer-207 a Sika egykomponensű poliuretán rendszerekkel ragasztandó felületek előkészítésére lett kifejlesztve. Ez az alapozó többféle alapfelületen előzetes kezelések nélkül is kiváló tapadást biztosít. A Sika Primer-207 rövid ideig fényt bocsájt ki nagy hullámhosszú UV fénnel bevilágítva.

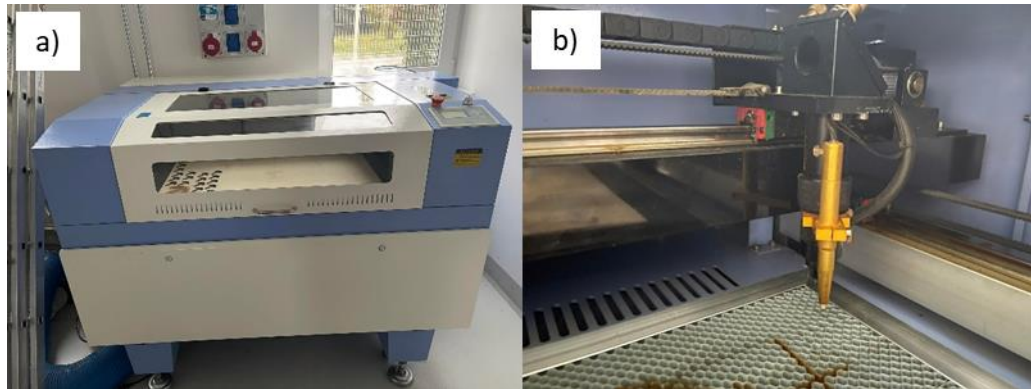
Egy másik alkalmazott primerünk a Dowsil 1200 OS primer volt. Javítja a tapadást, és felgyorsítja a szilikon elasztomerek és habok tapadását a különböző hordozókra. Ezt a nedvességmegkötő alapozót reaktív anyagok híg oldataként adagolják. Több egységes és erős kötést biztosít. Könnyen kezelhető és az alkalmazása után is még órákig aktív marad. Emberi szervezetre nem mérgező, így biztonságosan használható, nem szükséges védőfelszerelés használata. Kiváló ellenállóképessége van az UV-sugárzással és szélsőséges hőmérsékletekkel szemben.

Mindkét primer esetében 8-10 percet vártunk a felvitel után, hogy a ragasztást elvégezzük.

6.3. Felületkezelések

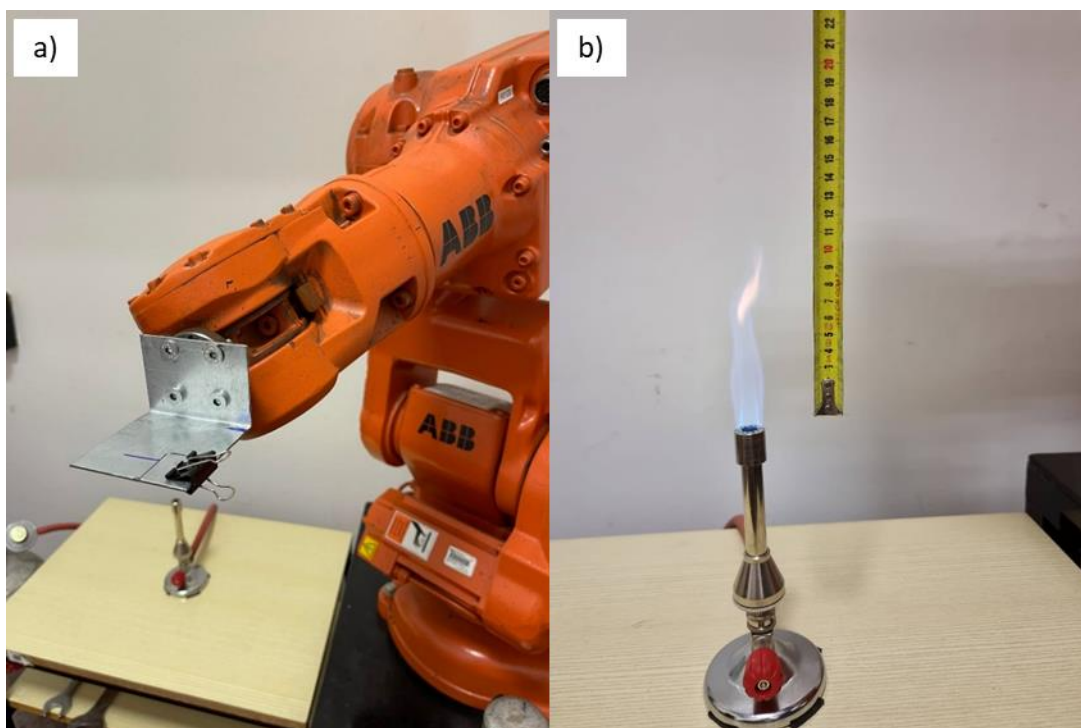
Lézersugaras felületkezelés: Alfa LCE-2 típusú lézervágó és lézergravírozó gép segítségével végeztem el a felületkezeléseket. 100 W-os lézerteljesítményű. A lézercső élettartama magas. Jól felszerelt lencsékkel és tükrökkel, amelyek egy lézergép alapjául szolgálnak. A berendezés egy fix töltetű lézercső segítségével állítja elő a lézersugarat. A

pontos kezdőpontot a lézersugár útjába épített sugár kombinátor segítségével tudjuk megadni. Az emberi szemnek láthatatlan 10600 nm hullámhosszúságú lézersugarat bocsájt ki. Itt a teljesítménnyel és magassággal kísérleteztem, hogy a lézersugár milyen mértékben hat a festett alumínium felületre. A magasságot mérőhasábok segítségével állítottam be.



15. ábra: Az alkalmazott lézer a) maga a gép és b) lézerfej

Láng felületkezelés: a láng felületkezelést ABB típusú robot segítségével, illetve PB gázipalack és bunzenégő segítségével végeztem. Első lépésben a robotot programoztuk a megfelelő mozgási pálya elvégzésére. A gázipalackot a bunzenégőhöz kötöttük és beállítottuk a láng paramétereit. Az égő beállítása során a levegő mennyiségét szabályzó szelepet elzártam, így tiszta gázáramot kaptunk. A robot fejét több magassági szinten mozgattuk a láng felett. A fejre erősített segédeszközzel, melyre a lemezt felfogattuk elértük, hogy csak a lemez egy részét érje a hőhatás, így a statikus nedvesítés folyamán pontos eredményeket tudtunk kapni, mivel a lemez egyik oldala maximum kézmeleg vagy hideg volt, így át tudtuk tenni a nedvesítési méréshez szükséges munkaadállomásra. Nem csak a magasságot, hanem a sebességet is több paraméterrel vizsgáltuk, így a lemezt kevesebb vagy több ideig érte a hőhatás. Ezzel a módszerrel született a legtöbb eredmény.



16. ábra: a) robot és bunzenégő párosa, b) égő gázláng

Kémiai felületkezelés: itt két oldatot használtam, a kálium-permanganátot és a krómkénsavat.

A kálium-permanganát vizes oldata intenzív lila színű, ám szilárd halmazállapotában szilárd, lila színű, kristályos, ionrácsos vegyület. Igen erős oxidálószer. Maga a kálium-permanganát fertőtlenítőszerként ismert az egészségügyben, de a műszaki világban is számos területen kísérleteznek vele. A lemezmintákat belemártásos módszerrel vizsgáltam, hogy milyen hatást fejt ki rá e vegyület. A vizsgálatok folyamán más és más időintervallumok megszabásával kísérleteztem. Az oldatból való kivétel után metanolos tisztításon ment keresztül a lemez.

A krómkénsav a nátrium-dikromát tömény kénsav oldata. Mivel tömény savról beszélünk, ezért nem meglepő, hogy látványos változást értem el a festett alumínium lemez e szerrel való kísérletezése során. Mivel erős vegyülettel dolgoztam fontos volt számomra a megfelelő munkavédelem. Így laboratóriumi köpenyt, gumikesztyűt és védőszemüveget viseltem, illetve miután szintén belemártós módszerrel vizsgáltam a lemezt, így csipesz segítségével vettem ki az üvegpohárból és metanolos tisztítást végeztem.

6.4. A nedvesítés statikus mérési módszere

A nyugvó csepp módszere a nedvesítés vizsgálatának formája. A mérőszobában 18- 20°C között mozgott a hőmérséklet. A berendezéshez tartozik egy tárgyasztal, egy

mikropipetta és egy nagyfelbontású kamera. Miután elvégeztem egy adott felületkezelést, a lemezt a kezelt felülettel felfelé a tárgyasztalra helyeztem. A mikropipetta segítségével felszívam 5 μ l desztillált vizet. A pipettatartóba behelyeztem a pipettát és óvatos kézmozdulattal kinyomtam a vízcseppet a pipetta hegyére és a lemezt hozzá érintve lecseppentettem a felületet. Ezt a folyamatot nem csak desztillált vízzel, hanem etilén-glikollal is végrehajtottam. A felület miután lecseppentettem az egyikkel, fültisztító pálcá segítségével felszívam a folyadékot és csak azután ismétetem meg a műveletet a másik folyadékkal. Nagyon ügyelni kellett arra, hogy a víz és az etilén-glikol nem kerülhetett ugyanarra a helyre, mert akkor invalid információt kapunk. Miután a cseppünk a lemezre került a fényképezőgép segítségével fotót készítettem a csepp alakjáról a próbatesten. A képet többszörös nagyításban csináltam, ezért nagyon fontos volt, hogy figyeljek rá, nehogy elhomályosodjon. Miután a képek elkészültek a számítógépre importáltam a fotókat és egy számítógépes program segítségével lemértem a cseppek peremszögét.

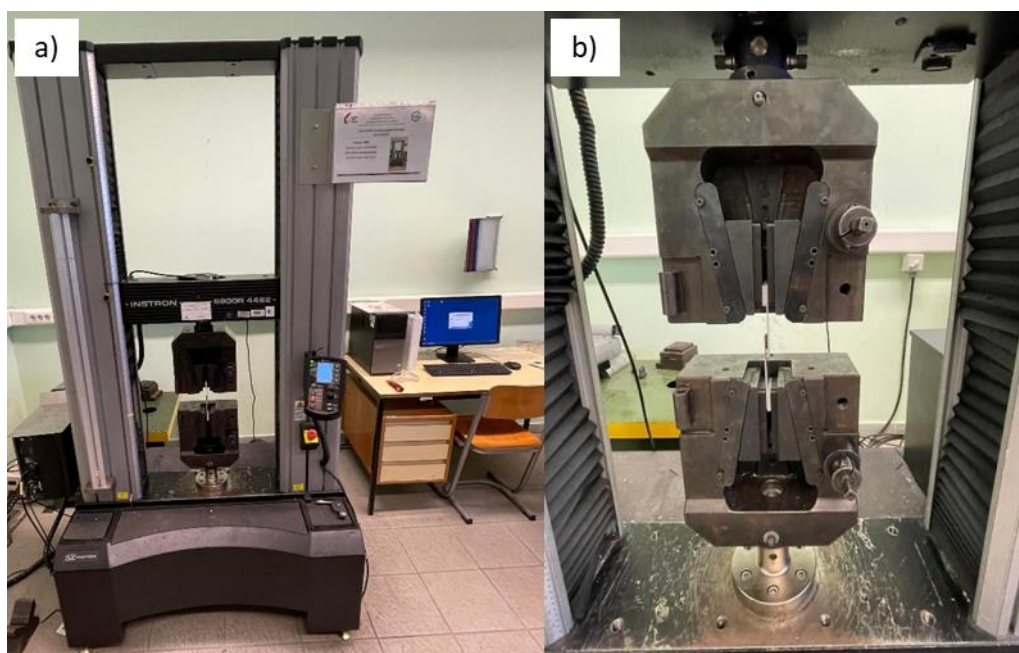


17. ábra: Peremszög mérőállomás

6.5. Ragasztási kötések vizsgálata

A ragasztások kötési erejét az Instron 4482-es univerzális anyagvizsgáló berendezéssel végeztem, mely alkalmas húzó, nyíró és kompressziós igénybevételek kifejtésére, valamint a szilárdsági és képlékenységi jellemzők meghatározására is képes. Mivel a berendezés rendelkezik egy klímakamrával, így a vizsgálati hőmérsékletek tág határok között mozoghatnak, a -60°C -tól, egészen a $+250^{\circ}\text{C}$ -ig. A maximálisan kifejtethető erő 100 kN, illetve a maximális keresztfej-sebesség 500 mm min^{-1} . Vezérlése kettő módon történhet, a gép saját paneljéről vagy számítógépről.

A kísérleteim során nyírásra és húzásra vizsgáltam a próbatesteket.



18. ábra: a) Instron szakító gép, b) szakítófejben lévő ragasztott próbatest

7. Kutatási eredmények

7.1. Kutatási terv

Első lépésként elméletben felállítottuk a kutatási tervet. Az alap konstrukció az volt, hogy a festett alumínium lemezek felületét jobb ragasztási feltételek szabják meg. Ehhez az kellett, hogy a felületi nedvesítésen javítani tudjunk. Különböző felületi kezelési módszereket választottunk ki a kísérletek elvégzésére. Ezek a lézersugaras, gázlángos és kémiai folyamatok voltak. Az alap ragasztók és primerek adottak voltak, a Sikaflex és a Dowsil márkák mellett maradtunk. Miután az elméleti kutatási terv összeállt, hozzákezdhattunk a gyakorlati megvalósításhoz.

Első sorban a lézersugárral kísérleteztünk. Az egyetemen fellelhető CO₂-lézerrel módosítottuk a festett felületet. A foltátmérő meghatározása volt az egyik nagyon fontos tényező, majd a sugárintenzitás maximumát kerestük. Mielőtt még a lemezen kísérleteztünk volna, egy papírlap segítségével néztük, hogy a lézerfej és a papír között folyamatosan növelve a távolságot figyeltük a lézersugár intenzitását. A foltátmérőnket végül 1,1mm nagyságúra adtuk meg. A fókusztávolságot 25-50 mm közötti tartományban állítottuk mérőhasáb segítségével. Azért adtuk meg ilyen paramétereket a fókusztávolságra, mivel ha a minimum érték alá megyünk, túlságosan nagymértékben roncsoljuk a felületet. A teljesítmény maximálisan 80 W-os, de mi a 20 W és 25W-os értéket adtuk meg, mivel ez mutatott olyan teljesítményt, ami számunkra már kellően kezeli a lemezt. A sebességekkel az elején kísérleteztünk a 100 és 300 mm/perc közötti skálát néztük, 50-es nagyságrend növeléssel, végül a 100 mm/perc-es sebesség mellett döntöttünk. A teljesítmény játékaival folytattuk a lemezek felületkezelését. Volt olyan megadott felületkezelési kombináció, amivel többször is kezeltük a lemezt, mielőtt még nedvesítést mértünk volna. Erre azért volt szükség, hogy látjuk-e, vajon a felület jobb változást mutat-e az egyszeri felületkezelési eljárás hatására. Ennél a kísérletnél a fényes színnel bevont lemez volt használatban.

A következő eljárás, amit alkalmaztam a gázlángolás volt. Itt is a cél az volt, hogy a festett alumínium lemezek nedvesítése javulást mutasson. A gázláng és a festék között kémiai reakció játszódik le, ami elősegíti a jobb felületi minőséget a ragasztáshoz. Első lépésben a lángoláshoz használt ABB robotot programoztuk be egy olyan pályára, ami megadott magasságon és sebességen elhúzza a lemezt a gázlángban. A gázt PB-gázpalack segítségével juttattuk el a bunzenégőbe, amit teljesen elzártunk. A lemezeket a robot fejére erősített tartóállványra helyeztük és csíptettük fel. Ahhoz, hogy elkezdhessük a kísérletet meg kellett ismernünk a láng különböző részeit. A láng három részből áll: - a belső részből,

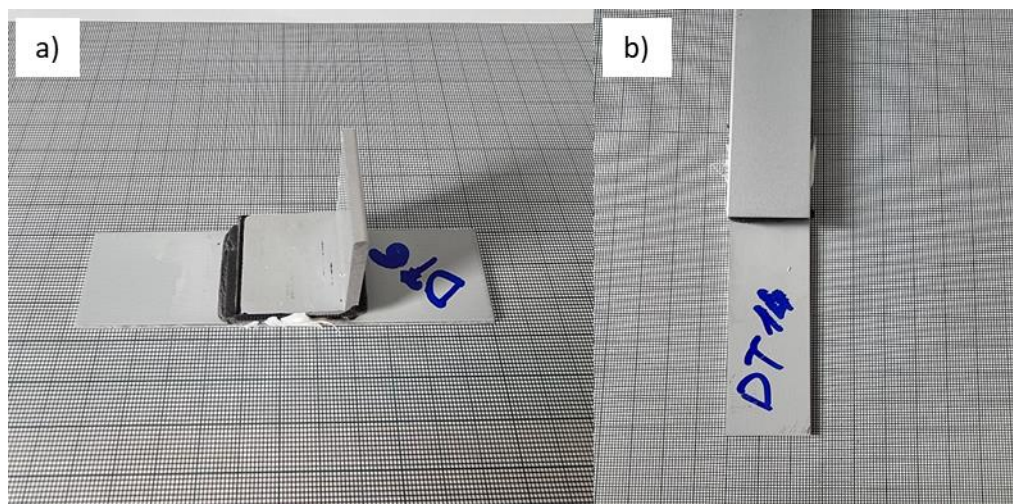
melyben a gáz alapú termékek még nem égnek - az ezt körülvevő erős fényű részből, melyben a gázok már részben égnek, míg a szénrészecskék izzó állapotban lebegnek - a külső burkolatból, mely legtöbb oxigént kap és melyben a kivált szénrészecskék teljesen el égnek, ez a rész nem világító, de forró. 80 és 150 mm magasság között állítottuk be az optimális magassági tartományt. 80 mm alatt a láng nagyon bekormolta a lemezt, így az nem felelt volna meg a ragasztási követelményeknek. Ha maximum magassági érték fölé vittük, akkor pedig a lemezt nem kezelte a láng. Nem csak a magasság volt fontos, hanem az is, hogy mennyi időt töltött a lemez a láng valamely pontján. A sebesség értékét úgy határoztuk meg, hogy melyek azok az értékek, amelyek felett túl gyors és ez által nem kezeli a felületet vagy épp ellenkezőleg, túl lassú és a felületet nagymértékben sérti. 5-től 50 cm/perc-ig határoztuk meg a sebességet. Fontos volt az is, hogy a lemezünk szennyeződésmentes és zsírtalan legyen. Erre a kísérletre a festett, beszállítói alumínium lemezt használtuk. A nedvesítés mérését szinte a kezelés után végeztem el.

A kémiai kísérletekhez két vegyületet használtam fel. Az első a kálium-permanganát volt, a második krómkénsav. Mindkét oldatot a Neumann János Egyetem, GAMF Műszaki és Informatikai karjának kémiai laborjában készítettük el. A lemezeket mindkettő szer esetében belemártós, illetve benne állós módszerrel vizsgáltuk. Üveg pohárba töltöttem mindkét szerből és egy adott időintervallumban állni hagytam benne. A kálium-permanganátot 5 másodperctől egészen 90 percig hagytam állni, míg a krómkénsavval csak 1 másodperc és 10 perc között kísérleteztem. A kálium-permanganát jó eredményhez vezetett, ellenben a krómkénsavval, mely az általunk várt eredményt hozta. A sav lemarta a festékanyagot a lemezről, így sajnos ez a módszer nem vált be, ezért a savval való kísérlet elvetésre került. A kálium-permanganát egészen jó eredményeket hozott és a nedvesítés előtt fontos megjegyezni, hogy miután kivettem a megadott ideig a permanganátban álló lemezt, metanollal tisztítottam és meleg levegővel szárítottam.

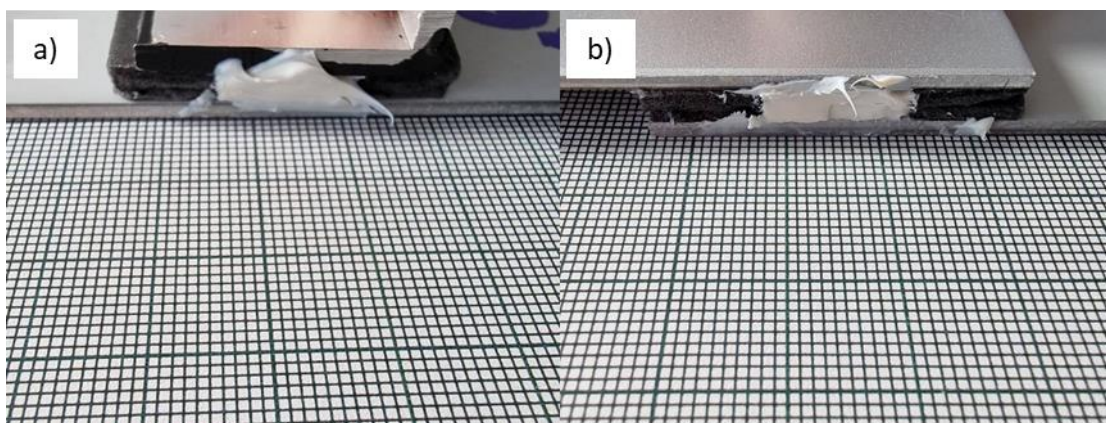
Miután lezártuk a felületkezelési eljárások vizsgálatát, következett a ragasztás. A Sikaflex és a Dowsil ragasztóval is háromszor 14 mintát ragasztottunk. Kétféle vizsgálati próbatest minta alapján dolgoztunk. Az egyik volt a nyírás, a másik a húzás. A húzásra készült próbatest ragasztott felülete egy festett alumínium lemez volt, míg a ragasztóra helyezett lemezdarab egy L-profil volt. A nyírásra készített próbatest pedig 2 festett alumínium lemez volt, 12,5 mm hosszon átlapolva összeragasztva. A ragasztáshoz egy adott méretű lemezt alkalmaztunk (13. ábra), és L-profilokat is használtunk. Hatféle kombinációt alkalmaztam a ragasztás elvégzésére. Mind a hat eljárás során az L-profilokat a Sika primerrel fedtük be. A Sikaflex ragasztóval ragasztott lemezek mindegyikét metanollal

tisztítottuk a ragasztás előtt. Háromféle ragasztási módot alkalmaztunk. Az egyik csak sima alkohollal volt tisztítva. A másikat gázlángos kezelésnek vetettük alá, mielőtt ragasztottuk volna. A harmadikat az Alukonstrukt kft. technológiájával ragasztottuk, ami nem más, mint, hogy az összeragasztandó felületek mindegyikére a Sika által gyártott primert vittük fel. Mindhárom esetben a Sika által kiadott távtartót használtuk.

A Dowsil ragasztóval ragasztott mintákat metanollal tisztítottam, viszont 21 lemezt a Dowsil által kiadott alkohollal zsírtalanítottunk és tisztítottunk. A ragasztást a Dowsil ragasztóval végeztem és primerként szintén e gyártó által kiadott terméket alkalmaztam. Viszont távtartóként itt is a Sika márkájút használtuk.



19. ábra: a) ragasztott próbatest húzásra, b) ragasztott próbatest nyírásra



20. ábra: Ragasztott felületek közelről, a) húzásra, b) nyírásra

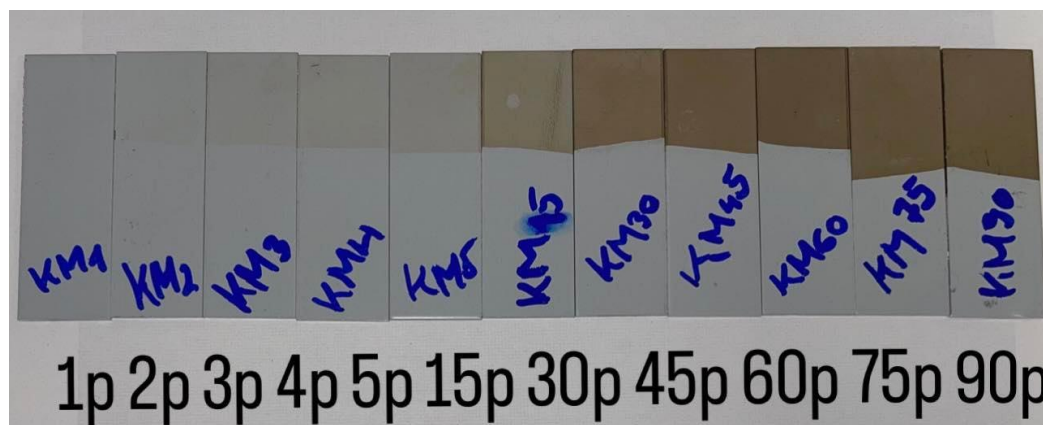
7.2. Optikai elváltozások

Mindhárom kísérlet során történtek elváltozások a lemez felületén. Volt, ahol alig látható volt a jele a kezelésnek, ám olyan is, ahol elég látványos elváltozást kaptunk.

A lézeres felületkezelésnél voltak olyan paraméterek, amelyek degradációt idéztek elő a felületen. Volt olyan is, ami tapintható mértékű, viszont olyan is, ami csak optikailag látszott.

A króm-kénsav lemarta a festékréteget és látható volt az oldatban, hogy a festékünk lebeg a tetején. Viszont magát az alap lemezt nem támadta meg.

A kálium-permanganát szépen szemmel végig követhető módon színezte el a festéket, miközben reakcióba lépett vele. Az idő függvényében volt szemmel látható az eredmény.



21. ábra: A kálium-permanganát idő függvény béli optikai változása

7.3. Nedvesítés változása

Munkám során az volt a fő cél, hogy a nedvesítés megváltoztassam, javítsam a felületi energiát. A felületi feszültség valójában a folyadékok alapvető tulajdonsága, ami miatt a folyadékok a lehető legkisebb fajlagos felületű alakzatot igyekeznek felvenni. Ha a rájuk ható külső erőter nem hat rájuk, akkor gömb alakúak, ha viszont hat, akkor terülnek. Ennek oka a folyadék részecskéi között fellépő kohéziós erő. A felületi feszültségnek köszönhető, hogy bizonyos tárgyak és állatok nem süllyednek el a vízben, bár a sűrűségük nagyobb, mint a folyadéké, ez egy alapvető természeti jelenség. A folyadékok határrétegében lévő alkotók más energiával rendelkeznek, mint a folyadék belsejében lévők. Ennek oka az, hogy a folyadék felületén a kémiai és fizikai tulajdonságokat meghatározó mikrorészecskék környezetében a folyadék belseje felé azonos felépítésű folyadékmolekulák, míg a másik oldalon egy másik közeg, más tulajdonságú molekulái vannak. Így az aszimmetrikus erőhatások miatt nagyobb energiájú állapotban vannak, mint a folyadék belsejében elhelyezkedő, egymáshoz képest kiegyensúlyozott társaik.

A lézeres felületkezelés volt az első, amellyel eredményeket jegyeztünk fel és következtetéseket vontunk le. Ha megnézzük a kiindulási állapotot, akkor láthatjuk, hogy nem változott nagymértékben a felület nedvesítése.

Az átlagos peremszöge a desztillált víznek 80,5°, míg az etilén glikolnak 67,5°-öt mutatott. Ezt sikerült módosítani olyan módon, hogy a desztillált víznek átlagban 54,5°-ra, míg az etilén glikolnak 62,8°-ra csökkent.

Vonalenergia (J/mm)	Fokuztávolság (mm)	Ismétlés (db)	Határfelületi energia (mN/m)
10	20	-	14
6	20	3	24
5	20	4	26
15	20	5	25
15	20	10	61
15	20	15	26
15	25	-	29
15	25	-	25
15	25	-	24
12	25	-	44
12	25	-	25
12	30	-	28
15	35	-	25
15	35	2	22
12	35	2	23
12	40	-	26
12	40	2	22
12	40	-	23
12	50	-	26
12	50	-	27
12	50	2	24
12	50	3	23

22. ábra: A lézeres felületkezeléssel kapott határfelületi energia eredményei

A 22. ábrán különböző színekkel láttam el a különböző paraméterek eredményeit. A piros szín a nagyon rossz eredményt jelenti, a sárga mezők a már nem olyan rossz, de még mindig nem megfelelő eredményeket reprezentálják, viszont a zöld szín, amiből igencsak kevés látható, azok a megfelelő értékek. Ez alapján kiolvasható, hogy a lézersugaras felületkezelési eljárás egy érdekes kísérlet és elméleti síkon jó elképzelésnek bizonyult, de a gyakorlatban nem célravezető ezt a felületkezelést alkalmazni a festett alumíniumok esetén.

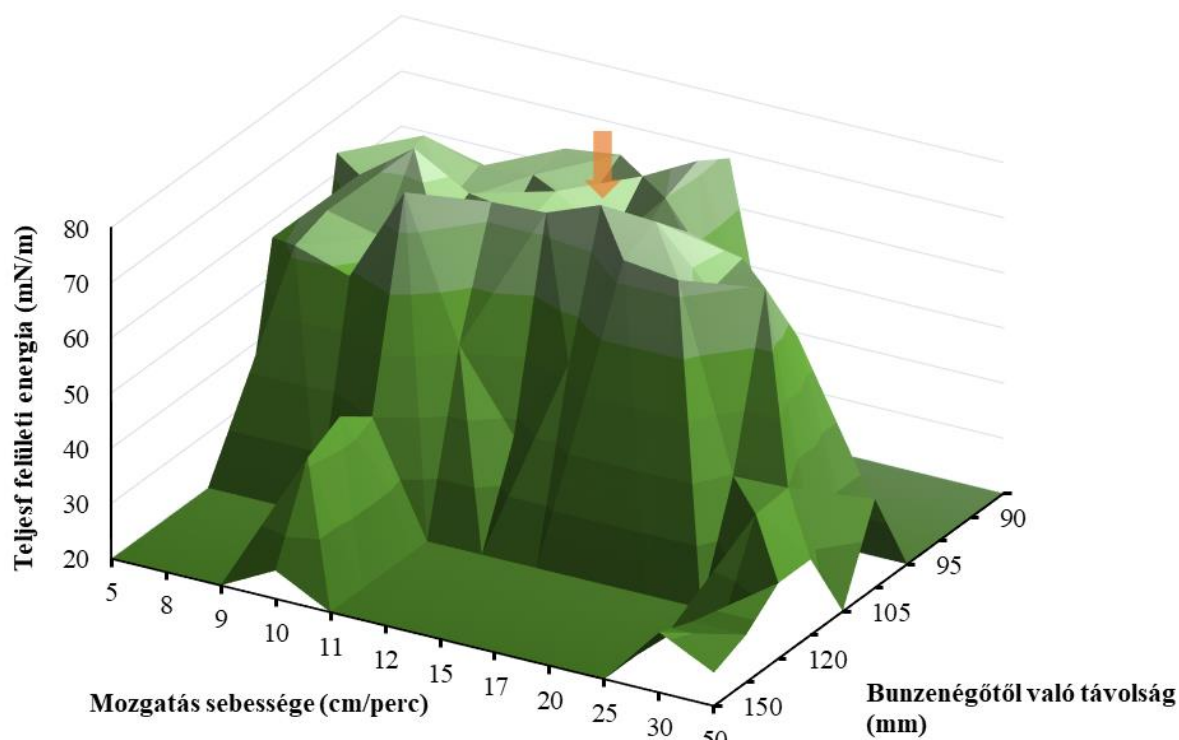
A lángolás kísérlet során sikerült elérni, hogy a folyadékunk (desztillált víz) szépen terüljön, ezért azt mondhatjuk, hogy a nedvesítés jól működött a lánggal kezelt felületen.

		Mozgatás sebessége (cm/perc)											
		5	8	9	10	11	12	15	17	20	25	30	50
Bunzenégőtől való távolság (mm)	150				25,1							30,9	26,0
	130				41,3							28,5	28,6
	120				44,5							24,5	33,7
	110				40,2							39,5	33,7
	105		62,1	59,0	76,6	51,3	37,2	52,8	74,0	72,8	39,7	40,0	
	100	56,9	64,2	61,8	64,5	73,0	73,5	77,3	76,7	66,7	69,5		36,1
	95		66,4	73,6	67,9	64,2	58,4	65,2	70,5	68,2	56,5		
	91	63,7	62,0	59,2	55,7	66,4	60,0	70,0					
	90	58,5	65,0	61,8	62,7	60,2	67,3	72,5					
	80	52,8		55,4	63,2	64,5		68,7					

23. ábra: A különböző lángolási paraméterek értékei táblázatban kifejezve

A 23. ábra alapján jól látható, hogy a magasság és a sebesség viszonya milyen téren befolyásolta a felületi energiát. Nagyon nagy magassági viszony a felületünkre rosszul hatott, hisz itt már szinte a láng nem is érintette a lemezünket, így a sebességek növelése vagy csökkentése sem mutatott változást. Ha a láng belsőjéhez már közel volt a lemez, akkor mutatott némi változást. A legjobb nedvesítési eredményeket a megszabott paraméterek közepén értük el. Így, ha a magasságunk 100 mm volt, a sebességünk pedig 15cm/perc, a legjobb paramétert kaptuk és így a felületi energiánk nagy volt és ezáltal a nedvesítés folyamán a folyadékunk szépen terült. A lánggal való kísérlet jól hatott a festett alumínium lemezre, tehát elmondhatom, hogy ez a kísérleti fázis volt a legsikeresebb, amivel ragasztást végeztünk.

A 23. ábrához még bizonyos adatokat fontos megjegyezni, hogy miért is volt ez a legsikeresebb kezelés. Ugyanis a kezelés előtti, gyári lemezen mért teljes felületi energiája 27,4 mN/m volt, viszont a lángos kezelés hatására ez az érték megnövekedett, egészen 77,3 mN/m-re.



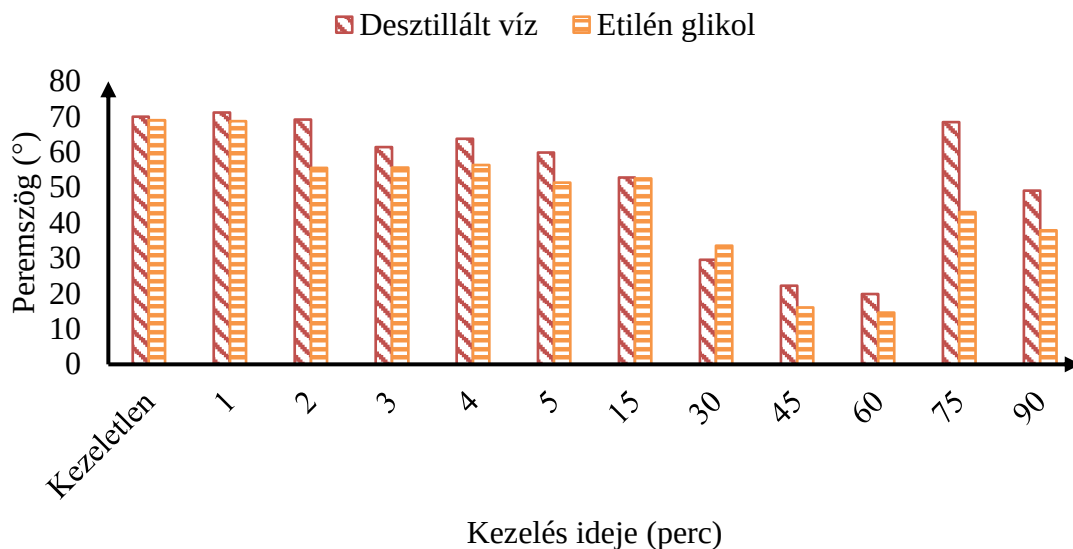
24. ábra: Felület táblázat

A 24. ábra térben ábrázolja a mozgási sebesség, bunzenégőtől való távolság és a felületi energia alakulásának folyamatát. Láthatjuk, hogy hogyan is változik a felületi energia a térben, a legjobb paraméterhez képest. A piros nyíl mutat arra a pontra, ahol a legjobb eredmény van. Az előtte lévő paraméterek növekvően és csökkenően változnak a felületi energiájuk által. A ponttól tovább haladva a növekvő magasság által a felületi energia csökkenést mutat a ponthoz képest.

A kálium-permanganát felületkezelés is igen jó eredményeket hozott. Viszont, mivel a felületünk elszíneződött, ezért megdőlt az a kitétel, hogy a festett alumínium lemezen nem változtat a kezelés, színében és anyagában.

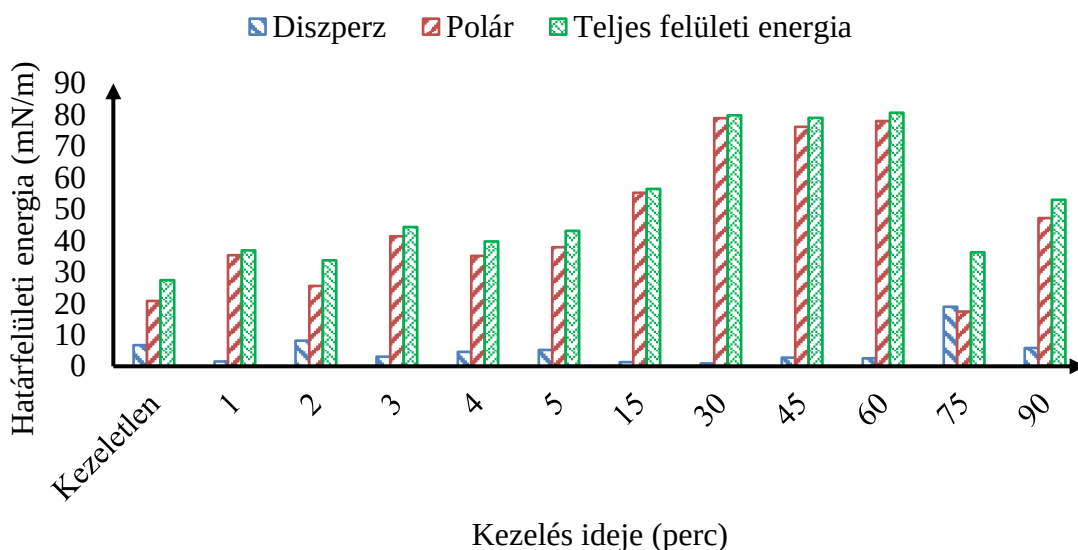
Mint az eddigi vizsgálatoknál is, itt is elvégeztem a peremszögek lemérését. A kiinduló értékek ugyanazok voltak, mint a lángolt próbatestek esetében. A szögek jelen esetben is jelentős csökkenést mutattak, ugyanis a desztillált víz átlagos értéke $19,85^\circ$, amíg az etilén glikol esetében ez $14,65^\circ$ lett.

A ragasztáshoz 2 okból nem alkalmaztuk ezt az eljárást. Első sorban a folyamat hosszú időt vesz igénybe, amit a cég nem feltétlen tud elfogadni. Másodsorban pedig az eljárás elszínezi a festéket, ami így az előírásoknak nem felel meg.



25. ábra: A kálium-permanganáttal kezelt felület cseppentési eredményei

A 25. ábrán az látható, hogy a kezeletlen felülethez képest, az idő elteltével milyen mértékben változott a desztillált víz és az etilén glikol peremszöge. Jól kivehető, hogy a 30, 45 és 60 perces állás után a felületünk jó eredményeket adott. Viszont 60 percen túl a felületünk felületi energiája már nagymértékben változott és szinte a kezeletlen formáját kezdte felvenni.



26. ábra: A kálium-permanganáttal kezelt felületek diszperz, polár és teljes felületi energia táblázata

Végigkövetve a 26. ábrát láthatjuk, hogy a diszperz érték teljes mértékben lecsökken, míg a polár és a teljes felületi energia növekszik. Számunkra ez egy nagyon jó eredmény, hisz akkor tudunk jó eredményt felmutatni, ha a polár és a teljes felületi energia értéke

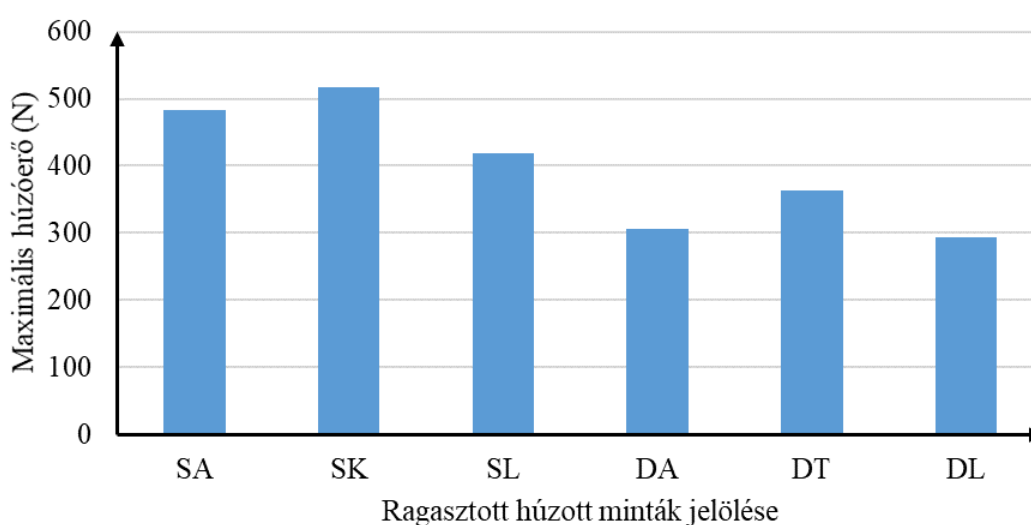
magas. Ha nem csak a kötésekre, hanem az egész molekulára igaz az, hogy benne egy negatív és egy pozitív töltésű pólus van, akkor azt poláris, vagy dipólusos (két pólusos) molekulának nevezzük. Az egész molekula polaritása nem csak a kötések polaritásától, hanem a molekula alakjától is függ. Előfordulhat olyan eset, amikor a molekula kötése polárisak, mégis a molekula alakja miatt az egész molekula már apoláris. Ha a molekulában egy poláris kovalens kötés van, akkor az poláris (dipólusos) molekula. A vízmolekula poláris (dipólusos) molekula. Itt is ugyanaz a tendencia figyelhető meg, mint az előző diagramon. Ugyanis ezen az ábrán is az látszik, hogy 30, 45 és 60 perces értékek voltak a legjobbak diszperz szempontból, a 60 perc eltelte után nagy ugrást produkált a diszperz érték.

7.4. Ragasztott kötések szilárdsága

A ragasztott kötések húzásra és nyírásra vizsgáltuk. Miután leragasztottuk a próbatesteket 2 hét térhálósódási időt hagytunk nekik. A kísérlet során meghatározott hőmérsékletet és páratartalmat kellett biztosítani és fenntartani, hogy megfelelő legyen a kötés. 20°C volt a megfelelő hőmérséklet. A 2 hét lejárta után a szakítógépet, tehát az Instron segítségével szakítottunk.

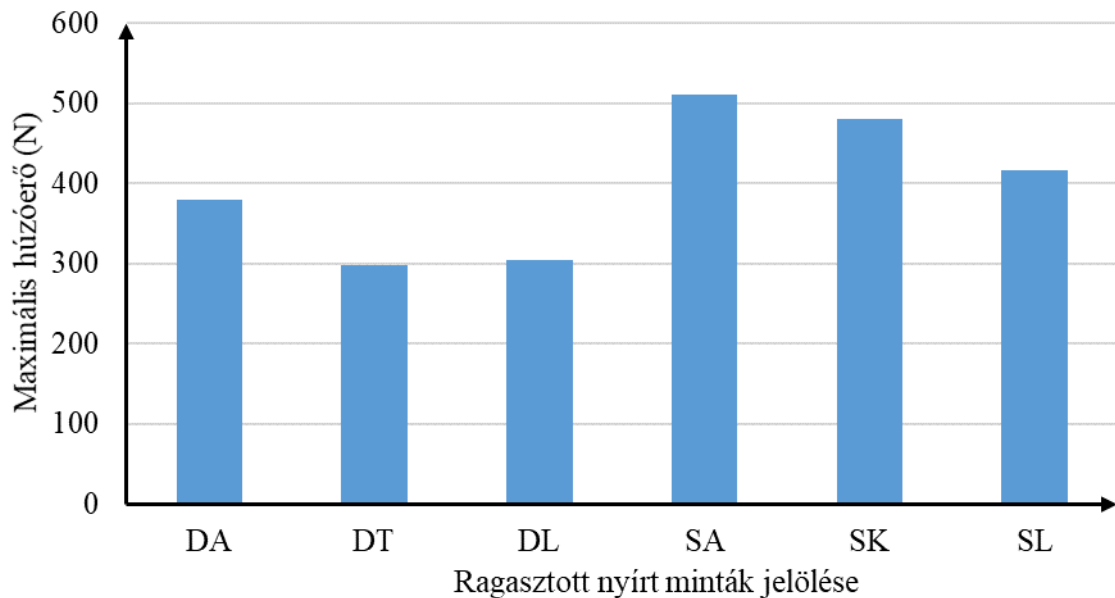
A 27. és 28. ábrán jelölt betűjelek teljes megnevezése:

- SA – Sikaflex ragasztóval ragasztott metanollal tisztított felület
- SL – Sikaflex ragasztóval ragasztott gázlánggal kezelt felület
- SK – Sikaflex ragasztóval ragasztott Alukonstrukt kft. által használt technológia
- DL – Dowsil ragasztóval ragasztott lángolt felület
- DA – Dowsil ragasztóval ragasztott, Dowsil alkoholával kezelt felület
- DT – Dowsil ragasztóval ragasztott, Dowsil primerrel kezelt felület



27.ábra: Maximális húzóerő a különböző próbatestekre

A 27. ábra értékei azt mutatják, hogy az Alukonstrukt kft. által használt technológia eredményei lettek a legjobbak a húzásos vizsgálatra. Viszont a mérések elvégzése után azt tapasztaltuk, hogy a lánggal kezelt felületek ragasztása kohéziós tönkremenetelen ment át, szóval magának a ragasztónak érték el a szakítószilárdságát, tehát az általunk használt technológia is hasonlóan jól működik.



28. ábra: Maximális nyíróerő a különböző próbatesteken

A 28. ábrán az látható, hogy a legjobb eredményt mutató eljárás a metanolos tisztítás volt. Itt is a kohéziós tönkremenetel jeleit lehetett felfedezni. Jelen esetben is a lánggal kezelt felület látszott a legjobb eredménynek szemrevételezéskor.

8. Összefoglalás

A műszaki iparágak számára egyre nagyobb fontossága van és lesz a festett alumínium lemezeknek. A ragasztás, mint kötéstechológia egyre nagyobb körben népszerűsödik, hisz könnyű és gyorsan alkalmazható. Fontos, hogy mivel mindkét elem megfelelő minőségű legyen, és jól viszonyuljanak egymáshoz. Ehhez viszont az kell, hogy alapos vizsgálatok alá vessük őket. A dolgozatban több kísérleti formáról esett szó, amelyek segíthetik az iparágak fejlődését.

A lézersugaras technológiák több iparágban is jelen vannak és számos kísérlethez alkalmazhatók. Az általam végzett lézersugaras kísérlet is eredményre vezetett, egy bizonyos mértékben. A kiinduló felületi energiánk $24,4\text{mN/m}$ volt, és ezt sikerült egészen $60,7\text{mN/m}$ -re felvinni. Ez 249%-os javulást jelent. Viszont nem ez volt a legmagasabb elért %-os növekedés.

Gázlánggal való kísérlet során az eredményeimet széles skálán tudtam vizsgálni, a sok alkalmazott paraméternek köszönhetően. Itt a lemezen abba a tartományba tartozó paraméterek, amelyek a legjobb eredményeket mutatták, nem okoztak szemmel látható károsodást a festett alumínium lemezen. Ezért is alkalmaztuk ezt a felületi kezelést a ragasztások kísérletéhez. Itt a kezdeti, teljes felületi energia értéke $27,4\text{mN/m}$ volt, viszont a kezelés után ez felment $77,3\text{mN/m}$ -re. Ez azt jelenti, hogy 285%-os javulást értünk el és ez már kellően jó volt ahhoz, hogy ragasztási kísérletet végezzünk. A szakítási kísérletek elvégzése után látható volt, hogy a felületkezelés valóban sikeres volt, mivel maga a ragasztás szakadt el, tehát kohéziós volt a tönkremenetel. De, ha a lemezt nem kezeltük volna, akkor akár adhéziós tönkremenetel is előfordult volna, ez az a jelenség, amikor a ragasztó leválik a felületről.

A kémiai felületkezelés mindkét végletű eredménnyel zárult. A krómkénsav lemarta a festékréteget a lemezről, ezáltal nem volt megfelelő a további kísérletekhez. Ellenben a kálium-permanganát nagyon jó nedvesítési eredményeket adott, viszont elszínezte a felületet és így nem felelt meg a kritériumoknak. A kiindulási felületi energia megegyezett a gázlánggal kezelt lemezével, viszont itt $80,4\text{mN/m}$ teljes felületi energiát kaptunk, azaz 292%-os javulást mutatott. Az elszíneződés ellenére ezekből az eredményekből jól kivehető, hogy a festék jól reagált a kálium-permanganáttal és ezáltal olyan reakciók játszódtak le, melyek elősegítették a felületi energia javulását.

Összesítve az eredményeimet, úgy látom, hogy nem lehetetlen jó ragasztást végezni a festett alumínium lemezeken, csak kicsit bele kell ásni az embernek magát a témába.

Természetesen szeretném folytatni a kísérletezést. Elsősorban a kálium-permanganáttal kezelt felületet szeretném ragasztani és egy másik felületkezelési módszert is kísérlet alá akarok vetni, ez nem más, mint a plazma felületkezelés. A továbbiakban még kutatni szeretném azokat a felület módosító eljárásokat, amelyek a festékanyagot nem támadják meg és a festék szerkezeti anyagával olyan reakciót képeznek, melyek gyorsan és hatékonyan hatnak pozitívan a felületi energiára.

9. Köszönetnyilvánítás

Számomra az utóbbi négy és fél hónap kutatási munka egy hatalmas előrelépés volt a tanulmányomban és ráébredtem arra, hogy mennyi módja van egy anyag vizsgálatának és még mennyi az, ami számomra az előttem álló úton szembe fog velem jönni és meg kell tudnom a válaszokat, vajon létezik-e tökéletes felületkezelés és ragasztás páros.

Elsősorban a Neumann János Egyetem, GAMF Műszaki és Informatika kar, Innovatív Járművek és Anyagok tanszékének munkatársainak szeretném megköszönni, akik végig kísérték a kutatási munkámat, és az Alukonstrukt kft.-vel kötött együttműködési szerződést, aminek köszönhetően a szükséges anyagok a rendelkezésemre álltak. Főként Dr. Berczeli Miklós, adjunktus és Tajti Ferenc témavezetőimnek a kitartó munkát és segítséget. Nélkülük nem jött volna létre ez a dolgozat.

Dr. Berczeli Miklós, mind elméleti, mind gyakorlati szempontból segített a kísérletek lebonyolításában, míg Tajti Ferenc sok új gyakorlati tudást adott át személyemnek.

Köszönöm Könyves Zsolt tanszéki mérnöknek a szén-dioxid lézerrel való kísérletek elméleti hátterének megismertetését és egyben a lézersugaras elven működő gép kezelésének megtanítását.

Köszönöm Palásti Ferenc tanszéki mérnöknek, a kémiai felületkezelésekben nyújtott segítségét.

Köszönöm Kovács Péter tanszéki mérnöknek, a ragasztási kísérletek során nyújtott kitartó segítségét.

Prof. Dr. Belina Károly, Professor Emeritus, egyetemi tanárnak, az elméleti síkon folyó munkálatok állandó felügyelését és hasznos tanácsait.

Köszönettel tartozom barátaimnak, akik támogatóan az egész folyamat alatt mellettem álltak és tanácsokkal láttak el.

Végül, de nem utolsó sorban köszönetemet szeretném kifejezni, annak a két embernek, akik nélkül most nem állhatnék itt, akik felneveltek, kísérték utamon és végig segítettek az eddigi fejlődésemet. Édesanyámnak és Édesapámnak, akiknek mai napig hálás vagyok az értem tett mindennemű cselekedeteiért.

10. Irodalomjegyzék

- [1] R. A. Yokel and B. Sjögren, “Aluminum,” *Handb. Toxicol. Met. Fifth Ed.*, vol. 2, pp. 1–22, Jan. 2022, doi: 10.1016/B978-0-12-822946-0.00001-5.
- [2] “Fundamentals of Aluminium Metallurgy,” *Fundam. Alum. Metall.*, 2018, doi: 10.1016/C2016-0-02117-4.
- [3] J. F. King, *the aluminium industry*. 2001. Accessed: Nov. 05, 2022. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com:5070/book/9781855731516/the-aluminium-industry>
- [4] R. Strauss and R. Strauss, *SMT soldering handbook*. Newnes, 1998. Accessed: Nov. 05, 2022. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com:5070/book/9780750635899/smt-soldering-handbook>
- [5] R. Singh, *Applied Welding Engineering Processes, Codes, And Standards*. Matthew Deans, 2020. Accessed: Nov. 05, 2022. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com:5070/book/9780128213483/applied-welding-engineering>
- [6] A. V. Pocius, *Adhesion and Adhesives Technology 4e: An Introduction*. Hanser Publications, 2021. Accessed: Nov. 05, 2022. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com:5070/book/9781569908556/adhesion-and-adhesives-technology>
- [7] M. Singh, S. Kadian, and G. Manik, “Polymers in Adhesive Applications,” *Encycl. Mater. Plast. Polym.*, pp. 370–381, Jan. 2022, doi: 10.1016/B978-0-12-820352-1.00124-3.
- [8] “Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects | Journal | ScienceDirect.com by Elsevier.” <https://www.sciencedirect.com/journal/colloids-and-surfaces-a-physicochemical-and-engineering-aspects> (accessed Nov. 05, 2022).
- [9] “Editorial Board,” *Surf. Coatings Technol.*, vol. 352, p. ii, Oct. 2018, doi: 10.1016/s0257-8972(18)30945-9.
- [10] W. B. Rowe, *Principles of Modern Grinding Technology*. Elsevier Inc., 2009. Accessed: Nov. 05, 2022. [Online]. Available: <http://www.sciencedirect.com:5070/book/9780815520184/principles-of-modern-grinding-technology>
- [11] “Chemical Engineering Journal | ScienceDirect.com by Elsevier.” <https://www.sciencedirect.com/journal/chemical-engineering-journal> (accessed Nov. 05, 2022).
- [12] “Case Studies in Thermal Engineering | Journal | ScienceDirect.com by Elsevier.” <https://www.sciencedirect.com/journal/case-studies-in-thermal-engineering> (accessed Nov. 05, 2022).
- [13] I. Lézersugaras, “Lézersugaras technológiák I.”.
- [14] B. Mikl and W. Zolt, “Plazma- És Lézersugárral Felületkezelt Measurement Possibilities of Surface Modified Substrates Using Plasma and,” vol. 6, no. 1, pp. 175–184, 2019.

11. Ábrajegyzék

GAMF Műszaki és Informatikai Kar	1
1. ábra: Alumínium.....	5
2. ábra: Alumínium karosszéria.....	6
3. ábra: Bauxit kőzet.....	6
4. ábra: Alumínium homlokzat.....	8
5. ábra: Alumínium hegesztés	10
6. ábra: Polisztirol képlete	12
7. ábra: Ragasztók csoportosítása.....	14
8. ábra: Kézi csiszológép	17
9. ábra: Kálium-permanganát képlete.....	18
10. ábra: Plazma felületkezelés	20
11. ábra: Alukonstrukt által festett lemez a) eleje és b) hátoldala.....	22
12. ábra: Kísérletekhez használt lemez méret	23
13. ábra: Ragasztáshoz használt lemez méret.....	23
14. ábra: Beszállító által festett lemez a) festett, b) temperált oldala.....	24
15. ábra: Az alkalmazott lézer a) maga a gép és b) lézerfej	26
16. ábra: a) robot és bunzenégő párosa, b) égő gázláng	27
17. ábra: Peremszög mérőállomás	28
18. ábra: a) Instron szakítógép, b) szakítófejben lévő ragasztott próbatest.....	29
19. ábra: a) ragasztott próbatest húzásra, b) ragasztott próbatest nyírásra	32
20. ábra: Ragasztott felületek közelről, a) húzásra, b) nyírásra.....	32
21. ábra: A kálium-permanganát időfüggvénybeni optikai változása	33
22. ábra: A lézeres felületkezeléssel kapott határfelületi energia eredményei	34
23. ábra: A különböző lángolási paraméterek értékei táblázatban kifejezve	35
24. ábra: Felület táblázat.....	36
25. ábra: A kálium-permanganáttal kezelt felület cseppentési eredményei	37
26. ábra: A kálium-permanganáttal kezelt felületek diszperz, polár és teljes felületi energia táblázata.....	37
27. ábra: Maximális húzóerő a különböző próbatestekre	38
28. ábra: Maximális nyíróerő a különböző próbatesteken.....	39