



NYÍREGYHÁZI EGYETEM
MŰSZAKI ÉS AGRÁRTUDOMÁNYI INTÉZET
NYÍREGYHÁZA



TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI DOLGOZAT

**JÁRMŰJAVÍTÁSBAN ALKALMAZOTT HEGESZTETT
KÖTÉSEK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA
COMPARATIVE STUDY OF WELDED JOINTS USED IN
VEHICLE REPAIR**

Készítette: Pinte Kevin

Konzulens: Krajnyik Károly

NYÍREGYHÁZA

2024.11.22.

Járműjavításban alkalmazott hegesztett kötések összehasonlító vizsgálata

Szerző: Pinte Kevin, JM IV. évf.

NYE-MATI, Jármű és Mezőgazdasági Géptani Intézeti Tanszék

Konzulens: Krajnyik Károly, mesteroktató

Napjainkra az utakon közlekedő járművek száma jelentősen megnőtt, ebből adódóan nagyon sok a közlekedési baleset. A kisebb balesetet szenvedett járművek egy része javítható, a műszaki állapotuk helyreállítható, bőséges munkát adva ezzel a karosszerialakatos szakmának. A járművet alkotó elemek csekély része csavarkötéssel van rögzítve (pl. első sárvédő, motorháztető), míg nagyobb arányban találjuk a hegesztett illetve hegesztett-ragasztott elemkapcsolatokat. A karosszériák alapanyaga jelentős mértékben még az acél, de alumínium ötvözetből és szénszál kompozitból is készülnek önhordó vázák.

A javítási tevékenységek alkalmával a deformálódott méreteket visszaállítják (húzópadok segítségével), majd a sérült elem lefejtése után következik annak visszahegesztése. Ezen a ponton több lehetőség is adódik, amely csak részben felel meg a gyári technológiának. Dolgozatomban két különböző, de a karosszéria javításban elterjedten használt hegesztési eljárással készült hegesztett próbakötéseket fogok megvizsgálni, amely során a próbatesteket szakítóvizsgálatnak teszem ki, és a kapott eredmények ismeretében az alábbi kérdésekre keresem a választ.

Az adott próbakötések legjobb szilárdsági jellemzőinek eléréséhez milyen beállítást kell alkalmazni adott ellenállás-ponthegesztő és fogyóelektródás védőgázas ívhegesztő készülékek esetében? Elérhetőek-e azonos vagy hasonló szilárdsági jellemzők a két különböző hegesztési eljárás alkalmazásával? Mennyire tekinthető egyenértékűnek a két különböző eljárással készült karosszéria javítási folyamat hegesztett kötése?

Elsőnek a gépjárművek karosszéria kialakításait ismertetem, majd a különböző ponthegesztési eljárásokat szeretném bemutatni. Ezt követően dolgozatom további részében, egy gyári ponthegesztett kötést és több, saját magam által készített próbatestet fogok a járműjavításban alkalmazott ellenállás-ponthegesztéssel, és fogyóelektródás védőgázas ívhegesztéssel MAG eljárással létrehozni, és szakítóvizsgálat alá vetni.

Ezeknek az eredményeit ismertetve levonom a következtetéseket, és összegezem a dolgozatom kutatásának eredményét.

Tartalomjegyzék

BEVEZETÉS	1
1. Célkitűzések	2
2. Szakirodalmi áttekintés	3
2.1. Gépjárművek karosszéria felépítése	3
2.2. Gépjárművek karosszéria javítása	4
2.2.1. <i>Gépjárművek részleges elemcseréje</i>	5
2.2.2. <i>Gépjárművek hegesztési pontjainak lefejtése</i>	5
2.3. Megfelelően javított gépjárműkarosszéria fontossága	6
2.4. A hegesztás feladata, fajtái	8
2.5. Ellenállás-hegesztés.....	9
2.6. Ellenállás-ponthegesztés	9
2.6.1. <i>A ponthegesztés gépei</i>	11
2.6.2. <i>A ponthegesztőgépek elektródái</i>	13
2.6.3. <i>Hegesztési hely előkészítése</i>	14
2.7. Fogyóelektródás, védőgázas ívhegesztések	14
2.7.1. <i>Fogyóelektródás, védőgázas ívhegesztések berendezései</i>	15
2.7.2. <i>MIG/MAG hegesztés</i>	16
3. Anyag és módszer	17
3.1. Munkadarabok előkészítése a vizsgálatra	17
3.2. Ellenállás-ponthegesztett kötések elkészítése	19
3.3. Furatos ponthegesztett kötések elkészítése MAG eljárással	21
4. Eredmények és értékelésük	24
4.1. Ellenállás-ponthegesztett kötések szakítóvizsgálata	24
4.2. Ívponthegesztett kötések szakítóvizsgálata	29
4.3. Legjobb eredmények	35
5. Következtetések és javaslatok.....	37

Összefoglalás	38
---------------------	----

BEVEZETÉS

A dolgozati témámnak a ponthegeesztett kötések összehasonlítását választottam, mivel ezen témakörben szeretném a tudásomat bővíteni, és érdekesnek tartom megvizsgálni, hogy egy gyári és egy javított karosszériaelem között milyen különbségek és hasonlóságok mutathatók ki, a kötés szilárdsági jellemzői között.

Napjainkra az utakon közlekedő járművek száma jelentősen megnőtt, ebből adódóan nagyon sok a közlekedési baleset. A kisebb balesetet szenvedett járművek egy része javítható, a műszaki állapotuk helyreállítható, bőséges munkát adva ezzel a karosszerialakatos szakmának. A járművet alkotó elemek csekély része csavarkötéssel van rögzítve (pl. első sárvédő, motorháztető), míg nagyobb arányban találjuk a hegesztett illetve hegesztett-ragasztott elemkapcsolatokat. A karosszériák alapanyaga jelentős mértékben még az acél, de alumínium ötvözetből és szénszál kompozitból is készülnek önhordó vázák.

A javítási tevékenységek alkalmával a deformálódott méreteket visszaállítják (húzópadok segítségével), majd a sérült elem lefejtése után következik annak visszahegesztése. Ezen a ponton több lehetőség is adódik, amely csak részben felel meg a gyári technológiának.

A feladatom kidolgozásának alkalmával elsőként a gépjárművek karosszéria kialakításait, és javítási lehetőségeit ismertetem, majd a különböző ponthegeesztési eljárásokat szeretném bemutatni. Ezt követően a további részekben egy gyári ponthegeesztett kötést és több, saját magam által készített próbatestet fogok elkészíteni ellenállás-ponthegeesztéssel és fogyóelektrodás védőgázos ívhegesztéssel, amiket roncsolásos szakítóvizsgálatnak teszek ki. Ezeknek az eredményeit ismertetve levonom a következtetéseket, és összegzem a dolgozatom kutatásának eredményét.

1. CÉLKITŰZÉSEK

A dolgozatom célja, hogy megvizsgáljam és összehasonlítsam a javított karosszériaelemeknél használt hegesztett kötések szilárdsági jellemzőit. Lényegi szempont annak meghatározása, hogy a karosszéria javításban alkalmazott hegesztési eljárások, mint az ellenállás-ponthegeztés és a fogyóelektródás védőgázos ívhegeztés, milyen mértékben képesek megközelíteni vagy elérni a gyári technológiával készült kötéseknek tapasztalt szilárdsági értékeket.

További célkitűzésem a következő kérdések megválaszolása:

1. A próbakötések legjobb szilárdsági jellemzőinek eléréséhez milyen beállítást kell alkalmazni, az ellenállás-ponthegeztő és a fogyóelektródás védőgázos ívhegeztő készülék esetében?
2. Elérhetőek-e azonos, vagy hasonló szilárdsági jellemzők a két különböző hegesztési eljárás alkalmazásával?
3. Mennyire tekinthető egyenértékűnek a két különböző eljárással készült karosszéria javítási folyamat hegesztett kötése?

A munkám végén, a kutatás eredményei alapján iránymutatást szeretnék adni a fentebb említett hegesztési eljárások különféle beállításaihoz, a megfelelő karosszéria javítás érdekében.

2. SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉS

Első lépésként szeretném bemutatni a gépjárművek karosszéria felépítéseit, javításait, a különböző hegesztési eljárásokat, majd a későbbiekben rátérek az ellenállás-hegesztésre, azon belül is a ponthegeesztett kötésekre, ami a fő témaköröm lesz.

2.1. Gépjárművek karosszéria felépítése

A gépjárművek karosszériáját és azok tartozékait, szerelvényeit felépítményként is szokták nevezni. Ez a rész magában foglalja a jármű csomagterét, utasterét, vezetőfülkéjét, és a rakfelületét. Mindezekhez kapcsolódnak a szerkezeti, funkcionális, kényelmi és biztonsági szempontból szükséges kiegészítők és szerelvények. Röviden: a felépítmény maga az autó, amelyet elsőként észlelünk egy járműre tekintve.

A gépjármű szerkezeti elemei határozzák meg az építési rendszert, amely három fő típusra osztható: alvázkeretes, önhordó és félönhordó.

Az alvázkeretes karosszériák nevükből is adódóan, egy különálló alvázra épülnek, amely általában acéllemezekből készül, viszonylag egyszerű lemezszerkezettel. Az alváz elemei dobozszerűen összehegesztett formát képeznek, ahol az egyes lemezeket ponthegeesztéssel kapcsolják össze. Ez a típus mára ritkává vált a személygépkocsik körében, azonban a tehergépjárműveknél továbbra is alkalmazzák. Egyes régebbi modellek, például a Wartburg, szintén ezzel az építési módszerrel készült, amiből napjainkban 1-1 feltűnhet még az utakon.

Az önhordó karosszériák napjainkban sokkal elterjedtebbek, különösen a személyautók esetében. Ezek hidegalakítással készített acéllemezekből állnak, amelyek egyre gyakrabban nagyszilárdságú anyagokból vagy ötvözetekből készülnek. A szerkezet többrétegű, zárt szelvényű tartókra épül, amelyek elviselik a rájuk ható erőhatásokat. Az alvázkeretet ebben az építésmódban a padlólemez helyettesíti, ami a hordozórészek (pl.: hossztartók, motortartó, keresztartók) mellett a csomagterfeneket és a kerékdobokat is tartalmazza. Magyarországon az önhordó rendszer a legelterjedtebb a személygépjárművek között

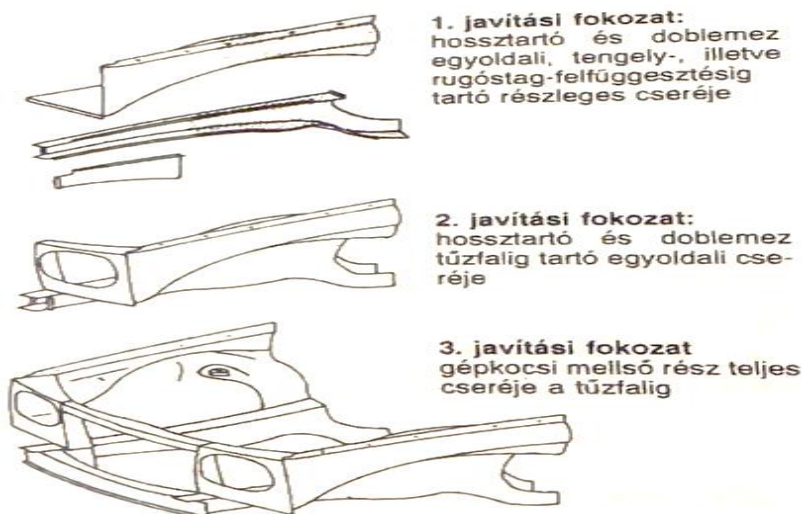
A harmadik kategóriába a félönhordó karosszériák tartoznak, amik a kisebb méretű segédvázkeretek újbóli alkalmazásával váltak ismét népszerűvé a 2000-es évek során. Az ilyen rendszerek héjszerkezetű karosszériákból állnak, amelyek a koncentrált terhelésnek kitett pontokon megerősítéseket tartalmaznak. A megerősített elemeket csavarkötéssel rögzítik a karosszériához. Ez az építési módszer azonban ritkábban fordul elő a mai járművek között (Lakner, 2021; Bohner et al., 2014).

2.2. Gépjárművek karosszéria javítása

Az autógyártók a sorozatban gyártott személygépkocsiknál, főként a külső burkolóelemeknél vágási és bontási vonalakat adnak meg. A jelenlegi járműgenerációk szerkezete is ezt bizonyítja, a mellső és a hátsó részek is így vannak kialakítva, azonban azok a csomópontok ahol az erőkomponensek futnak össze kivételt képeznek.

Károknak megfelelő különböző javítási eljárásokat 3 csoportra rendezhetjük:

- 1. javítási fokozat: ide tartoznak azok a sérülések amik kisebb ütközés során keletkeztek a karosszéria első szakaszában, és a tengelyfelfüggesztés előtt. A javítás maximum homloklemez elemcserére, a hossztartó és a doblemeznek a tengely és rugóstag felfüggesztéséig tartó részek részleges cseréjére korlátozódik. A hátsó részt érintett sérülések esetén a csomagtérnek a hátsó doblemezig tartó rész tartozik bele, és figyelni kell arra, hogy a javításokat a hátsó szélvédő kivétele nélkül ellehessen végezni.
- 2. javítási fokozat: nagyobb ütközéseknél, ahol a deformáció már nagyobb, és legfeljebb a tűzfalig terjedő sérülések tartoznak ide. Ennél a javítási fokozatnál, hossztartók, doblemezek, de már a váznyúlvány teljes cseréje is beletartozik. Hátsó részen történő sérüléseknél a hátfal és az oldalfal, egészen az ablak vonaláig beletartoznak a javítás terjedelmébe.
- 3. javítási fokozat: nagy sebességgel járó frontális ütközések kerülnek ebbe a csoportba, azonban még gazdaságosan helyreállítható állapothoz tartoznak. A hátulról történő ütközéseknél szükséges a hátsó oldalfalakat, a csomagtérfenéket, és a hossztartók részének cseréjét. Az ütközés során amennyiben a fülke is deformálódott, akkor szükséges a gondos gazdaságossági vizsgálat is (Danner – Mauer, 1991).



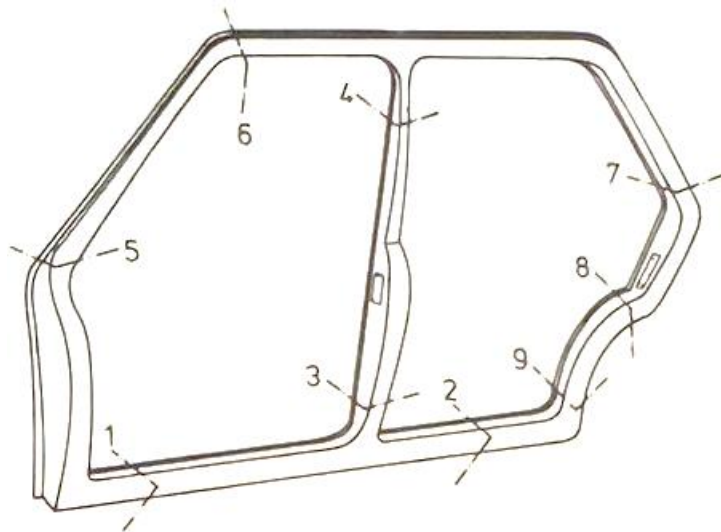
1. ábra: Kárnak megfelelő javítási fokozatok

Forrás: [2] 100. p.

2.2.1. Gépjárművek részleges elemcseréje

A gépjárműnek oldalirányú ütközése esetén az úgynevezett lágy részek károsodnak. A járműveknek az oldalkerete egy darab préselt részből áll össze. Az ilyen karambolok utáni javítások esetében szinte egyáltalán nem jellemző, hogy az egész oldalkeret cserére szorul, általában az első és a hátsó ajtóknak a küszöbrészeit cserélik. Az első és középső oszlopokat (A és B oszlop) cseréje ritkán, súlyos baleseteknél fordul elő.

A következő képen láthatók a lehetséges bontási vonalak amik számozva vannak 1-9-ig, ezeknek az elemeknek a cseréjét javasolja a gyártó.



2. ábra: Személygépkocsi oldalának részleges elemcseréje

Forrás: [2] 101. p.

A képen jól látható, hogy járműmodelltől függően a részleges javításhoz elég magas számú bontási vonalak állnak rendelkezésre a megfelelő javítás érdekében. Fontos még megjegyezni, hogy a karosszériának a szilárdságát ezeknél a vonalaknál való megbontás nem befolyásolja.

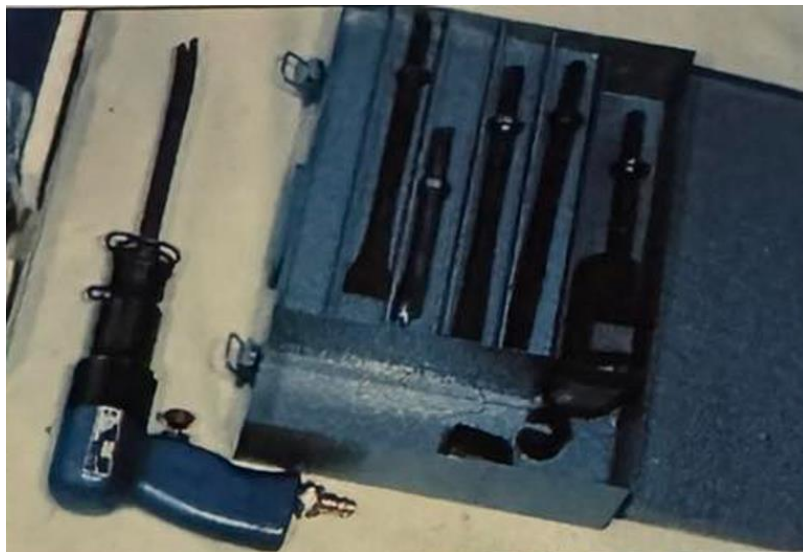
Nagyobb oldalsérülések esetén is elvégezhető ily módon az elemcsere, a hátsó tartományán is a járműnek (Danner – Mauer, 1991).

2.2.2. Gépjárművek hegesztési pontjainak lefejtése

Ahhoz hogy az elemek cseréjét, és a javítást el tudjuk kezdeni le kell fejtenünk a már fent lévő sérült elemeket. A különböző elemeken található kör alakú, ellenállás-ponthegesztéssel kialakított kötések leggyakoribb szétválasztó eljárása az átfúrás amit egy 140°-ban leköszörült gyorsacél fúróval tesznek lehetővé.

Másik használatos szerszám a kötések megbontásához a lemezmaró, itt fontos kritérium, hogy a marófej cserélhető legyen, illetve a marási fokozatnak az állítása, mivel előfordulhat, hogy a pontot csak a felső lemezből kell kimarni.

Léteznek speciális vésők, amikkel ponthegeesztett lemezeket is szét lehet választani, azonban az elvégzett munka nem mindig megfelelő. Ennek az oka, hogy a hegeesztett pont szilárdsága nagyobb mint a környező anyagé, így a véső lecsúszik róla. Ezzel a szerszámmal a sérült karosszériaelemek durva lebontási folyamatára alkalmasak, a pontos szétválasztás szinte lehetetlen, így nem a legmegfelelőbb eljárás (Danner – Mauer, 1991).



3. ábra: Speciális véső ponthegeesztett kötések szétválasztására

Forrás: [2] 114. p.

2.3. Megfelelően javított gépjárműkarosszéria fontossága

Az aktuális modern gépjárműkarosszériák mellett, hogy különböző acélfajtákat használnak, sokféle anyagot alkalmaznak, mint például alumínium, magnézium, műanyag, vagy különböző szálalású anyagok. Mégis manapság az elérhető karosszériák nagyrészt acélkarosszériák teszik ki, és ezeket magasszilárdságú acélok felhasználásával optimalizálják. Ennek köszönhetően a jármű passzív biztonsága megnő, és ezzel egyidejűleg a nyers karosszéria tömege csökken. Egy karosszéria javítás során az autó deformálódási viselkedése és biztonsága nem szabad, hogy befolyásolható legyen.

A szakszerű javításnak a fontosságát részletezi a német KTI (Kraftfahrzeugtechnisches Institut), amely bemutatja a nem megfelelően elkészített javítások esetlegesen súlyos következményeit. Az Euro NCAP „oldalsó ütközés” tesztje képezi a vizsgálatok elvégzésének az alapjait, és ezek megfelelnek az ECE-R95 irányelveknek, és garantálják a reprodukálható vizsgálati eredményeket.

A vizsgálatokhoz egy Volkswagen Passat 3C B6 Variant változatát használták, mivel ez a karosszéria már a modern nagyszilárdságú acél felhasználásával készült. Az ütközések 50 km/h sebességgel végezték, és az első utasülésben egy 72 kg súlyú próbabábut ültettek, a hátsó és vezetőülésre pedig egy-egy 76 kg súlyút. A teszt alatt, minden pirotechnikai rendszert aktív módban hagytak. Az így keletkezett sérüléseket szemmel láthatóan hibátlan módon javítanak, elismert műszaki módszerekkel, de a jármű gyártójának típusspecifikus javítási előírásai nélkül, majd ismét ütközés alá vetik.

Az első teszt alkalmával (gyári állapot), 161 mm-es maximális behatolási mélységet állapítottak meg, a különböző meghatározott mérési pontok segítségével, amit elektromos műszerekkel mértek.

A javításhoz egy régebbi generációs ponthegeztő készüléket használtak, melynek maximális névleges áramerőssége 6.400 A, és nem állítható a szorítónyomás. A küszöb és a B oszlop területén a nagy szilárdságú lemezeket kiegyenesítették, egy részüket pedig kicserélték.

A második ütközés alkalmával sokkal nagyobb mértékű deformáció keletkezett a járművön. A B oszlop mélyebbre nyomódott a járműbe, a tető és a küszöb is erősebb görbületen esett át. Ebben az ütközésben a szélvédő nem sérült meg, ez is arra ad következtetést, hogy a terhelés útjai, és így az energiacelosztás is megváltozott, és még az ablaklégzsák sem lépett működésbe. Ha az elektronikus mérések abszolút értékeit összehasonlítjuk, akkor 60 mm-es különbség mutatkozik, ami azt jelenti, hogy a második ütközésnél az ütköző jármű mélyebbre hatolt az utastérbe. Tehát a javított, gyártói javítási feljegyzések figyelmen kívül hagyása akár jobban veszélyeztetheti az utasok testi épségét (Heidrich, 2009).



4. ábra: Gyári (bal oldal), és javított állapot (jobb oldal) utáni ütközés

Forrás: [INTERNET 2] 7. p.

A harmadik teszthez egy másik VW Passat-ot törtek össze szintén az első ütközési módon, azonban a javítást már a gyári előírásoknak megfelelően végezték. A gyártó egy modern inverteres

hegesztőgépet javasol, több mint 10.000 A áramerősséggel, és állítható szorítónyomással (kb. maximum 10 bar). Az ütközés után adódtak olyan károk, amelyeknél a gyártó már javasolja az elemcserét, ami jelen esetben a középső alagutat jelentette. A javítás után újból összetörték a járművet, és az adatokat a gyári állapotban történt teszthez hasonlították. A sérülések külső megjelenése nagyon hasonló, és a belső szerkezetek is minőségileg azonos deformációt mutattak. Az elektromos műszerek segítségével a deformációs mélységek közötti különbség mindössze 3 mm-es különbséget mutat, a küszöbön, és a B oszlop területén (Kiebach, 2012).

Elmondható, hogy ha egy balesetben sérült autót a gyári előírások szerint javítanak, akkor feltételezhető, hogy az ütközési viselkedése megfelel egy sérülésmentes eredeti jármű viselkedésének, és akár életet is menthet.

2.4. A hegesztás feladata, fajtái

Napjainkban a különböző hegesztési technológiák észrevétlenül körbevesznek bennünket. A különböző szerkezeti elemek összekapcsolására alapvetően 2 eltérő kötési módot különböztetünk meg: az oldható és a nem oldható kötések. A gyártási folyamatok szempontjából a hegesztés a legjelentősebb nem oldható kötési módszer amelyet mind fémek, és műanyagok esetében is alkalmazunk. Az alábbiakban szeretném ismertetni a hegesztés lényegét az előbb felsorolt anyagsoportokra vonatkozóan:

- Fémhegesztés: Ez a folyamat a fémes anyagok egyesítését jelenti hő vagy külső erő (nyomás), vagy mindkettő alkalmazásával, hasonló összetételű, azonos vagy közel azonos olvasáspontú anyag (hozaganyag) hozzáadásával vagy anélkül.
- Műanyaghegesztés: Ez a nem keményedő műanyagok (termoplasztikus) egyesítését jelenti hő és külső erő segítségével, azonos típusú anyag (hozaganyag) hozzáadásával vagy anélkül.

A hegesztés céljának megfelelően két fő típust különböztetünk meg: kötőhegesztést, és felrakóhegesztést.

- Kötőhegesztés: Ez az eljárás két vagy több alkatrész összehegesztését jelenti egyetlen nem oldható egésszé, amelyet hegesztett alkatrésznek nevezünk. A cél itt, hogy a különálló részekből egy szilárd, egységes szerkezetet hozzunk létre, amely ellenáll a különböző mechanikai igénybevételeknek, és az egyéb környezeti hatásoknak.
- Felrakóhegesztés: Ebben az esetben a hegesztőanyagot helyileg korlátozottan viszik fel a munkadarabra. Ennek az eljárásnak a célja sokrétű, hisz használják az alkatrész kiegészítése, térfogatának növelése, kopásállóságának fokozására, vagy korrózió elleni

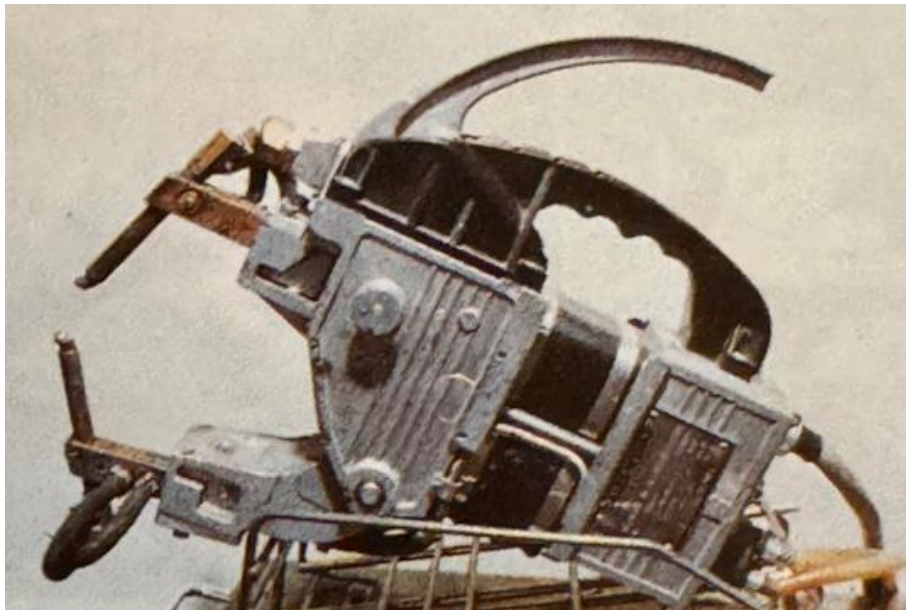
védelem biztosításának céljából. Ez a módszer különösen hasznos a sérült vagy elhasználódott alkatrészek javításában, illetve az élettartamuk meghosszabbításában.

Mindkét hegesztési típus fontos szerepet játszik az ipari gyártási folyamatokban, és hozzájárulnak a különböző szerkezeti elemek hosszú távú megbízhatóságához (Gáti, 1996).

2.5. Ellenállás-hegesztés

Az ellenállás-hegesztés a fémek olyan nem oldható kötése, amely a hegesztőáramkörbe iktatott villamos ellenállás hatására keletkező hő és a nyomó erő egyidejű alkalmazásával jön létre. Ennek a technikának a használatával jelentős hő fejlődik a fémek érintkezési felületein, ami megolvasztja azokat, és az alkalmazott nyomás segítségével egyesülnek.

A villamosellenállás-hegesztés elengedhetetlen a racionális gyártás megvalósításához a repülőgép-, jármű- és gépiparban, valamint a műszeriparban. Ezen iparágakban a gyors, megbízható és erős kötések létrehozása alapvető fontosságú, és az ellenálláshegesztés pontosan ezt biztosítja, növelve a gyártási hatékonyságot és a termékek minőségét (Beckert – Neumann, 1976).



5. ábra: Fogóval rendelkező pontheesztő készülék

Forrás: [2] 162. p.

2.6. Ellenállás-pontheesztés

Tehát az ellenállás-pontheesztés egy sajtoló eljárás, amelyet általában 0,05 és 6 mm közötti vastagságú átlapolt kötések létrehozására használnak.

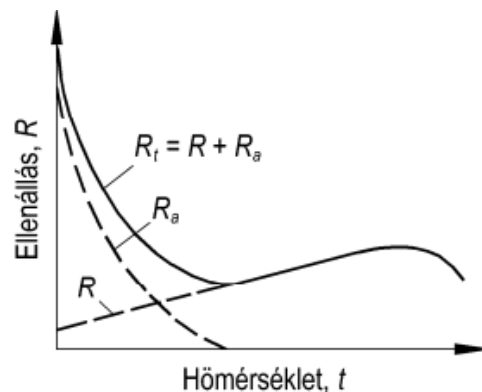
Ez az eljárás végezhető egyen- és váltakozó árammal is. Az áramforrás transzformátora a hálózati áramot 10-50 kA-re növeli, amelyet az elektródák juttatnak el a munkadarabokhoz. A nagy

áramerősség rendkívül rövid idő alatt (néhány periódus) megolvasztja az érintkezési felületet, ezáltal létrejön a lencse alakú varrat.

A folyamat három fő szakaszra osztható amik a következők:

1. Az áram bekapcsolásakor létrejön az elektromos érintkezés a munkadarabok között. A szilárd fém felhevül és tágulni kezd, aminek következtében a munkadarabok közötti rés megnő, és az elektródaerő hatására a már megolvadt fém kinyomódik a munkadarabok közötti részbe, így kialakítva a hegesztési lencse záróövezetét.
2. Az érintkezési felület tovább növekszik, és az adott munkadarab vastagságának megfelelő átmérőjű lencse alakul ki. A felületi oxidréteg feltöredezik és elkeveredik a megolvadt fémrel, és a fém tovább tágul és képlékeny deformációt szenved.
3. A hegesztőáram kikapcsolását követően a fém lehül és elkezd kristályosodni. A kristályosodási folyamatot a nyomóerő változtatásával lehet szabályozni. A hegesztett fém termomechanikai igénybevétele befolyásolja a lencse és annak környezetében lévő fém tulajdonságait.

A munkadaraboknak az ellenállás értéke a hőmérséklet emelkedésével együtt növekszik. Az érintkezési ellenállás a fémfelület tisztaságától és felületi érdességétől függ, és megfelelően tiszta felületek és elegendő nyomóerő esetén az értéke szinte nullára csökkenhet. A kötés kialakulásának szempontjából fontos az átmeneti ellenállás, aminek értéke a hőmérséklet emelkedésével szintén csökken (Gáti, 1996).



6. ábra: Az ellenállások változása

Forrás: [3] 318. p.

A fenti ábra jól bemutatja a fentebb említett ellenállás értékek változását a hőmérséklet függvényében.

Jelölések:

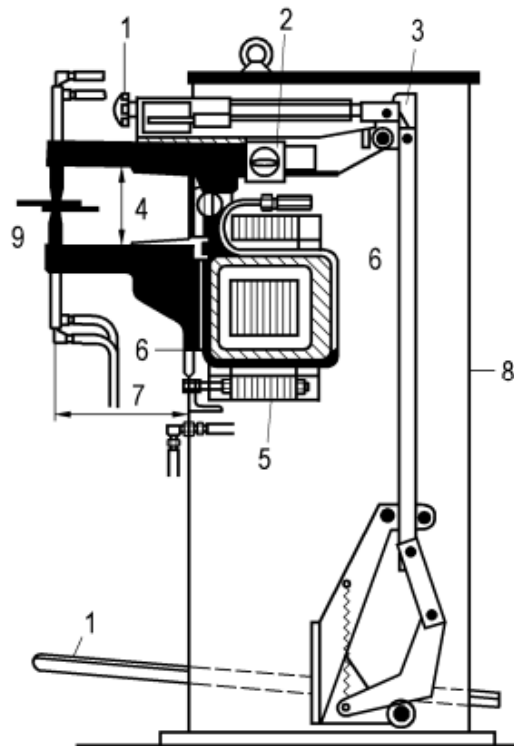
- R : a munkadarab saját ellenállása

- R_a : átmeneti ellenállás
- R_t : hőmérsékletváltozás során bekövetkezett ellenállás változás

2.6.1. A ponthelesztés gépei

A ponthelesztő gépeket alapvetően két csoportba sorolhatjuk:

- Helyhez kötött berendezések
- Hordozható berendezések



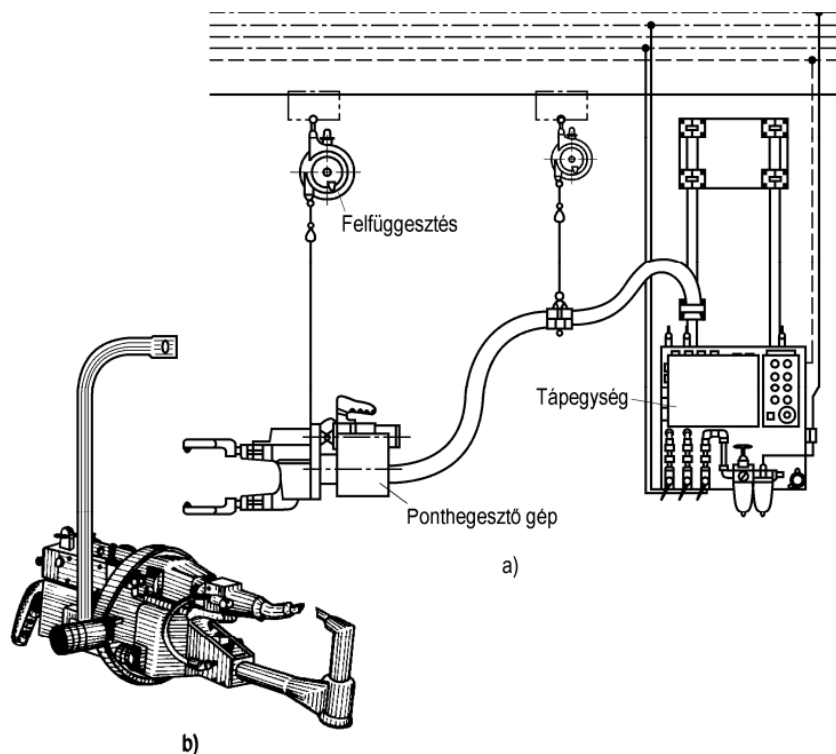
7. ábra: Egyszerű működésű ponthelesztő gép

1) elektródanyomás beállítása; 2) fokozatkapcsoló a hegesztőáram beállításához; 3) nyomástól függő áramkioldó; 4) kartávolság (140 vagy 300 mm); 5) hegesztőtranszformátor; 6) vízűtés; 7) karkinyúlás; 8) gépállvány; 9) munkadarab

Forrás: [3] 319. p.

A fenti ábrán egy helyhez kötött, lábpedállal mozgatott, egyszerű szerkezetű ponthelesztő gép található. Ezek a gépen az emelőkarok és a rugók közvetítik a nyomóerőt az elektródára, és a legnagyobb elektródanyomás nagyjából 300 N. Az elektródáknak a mozgása és a nyomóerőnek a kifejtése történhet mechanikusan, pneumatikusan, illetve hidropneumatikusan is. Amennyiben pneumatikus mozgatus történik, akkor a szűrő feladata megtisztítani a géphez érkező sűrített levegőt, majd a nyomáscsökkentő pedig csökkenti a nyomást az előírt értékre. A munkahengerbe bejutását a

táplevegőnek egy elektromágneses szelep vezérel aszerint, hogy a henger a dugattyúval egyszeres vagy kettős működésű. Általában pneumatikus mozgatással találkozhatunk, főként a helyhez kötött berendezéseken, mivel egyszerű, olcsó, és rugalmas szerkezet.



8. ábra: **Mozgatható kézi pontheesztő berendezések**

a) rugalmas felfüggesztésű; b) hordozható

Forrás: [3] 319. p.

A pontheesztés karosszériagyártásban való elterjedésével megnövekedett a mozgatható pneumatikus pontheesztők fontossága.

Hegesztőszájtokon és a gyorsan működő berendezéseken mechanikus azaz bütykös mozgatást használnak. Ha a nyomóhengerek mérete vagy súlya adott, akkor a hidraulikus működtetést részesítik előnyben. A hidropneumatikus rendszerben a sűrített levegő alacsonyabb nyomását alakítják át 20-50-szer nagyobb hidraulikus nyomássá. Ez a fajta megoldás található a helyhez kötött, többpontos berendezéseken, és a hordozható pontheesztő gépeket gyakran egybeépítik a transzformátorral.

Az ellenállás-pontheesztés során a kis teljesítményű, egyfázisú transzformátor szekunder feszültsége egy ellenállással szabályozható, amit a primer áramkörbe építenek be. A leggyakoribb megoldás a primer tekercs menetszámának változtatása a transzformátor megcsapolásával. A korszerűbb szabályozási módszer az úgynevezett fázismetszés, ekkor a váltakozó áram fél periódusának fázismetszési szöge által meghatározott ideig kap áramot a transzformátor. Minél nagyobb a fázismetszés szöge, annál kisebb az áramerősség, és fordítva. Az egyfázisú

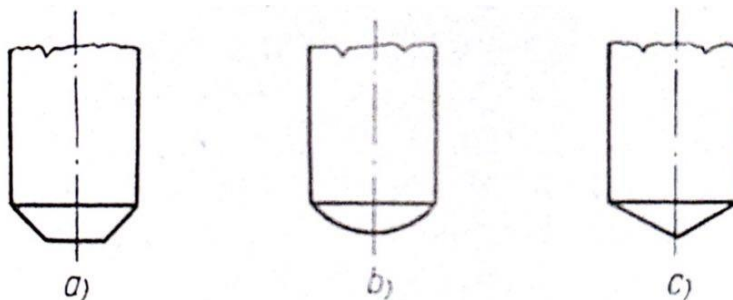
transzformátorok a háromfázisú villamos hálózatot egyenlőtlenül terhelik, ezért előnyösebb a háromfázisú áramforrások használata (Gáti, 1996).

2.6.2. A ponthegeesztőgépek elektródái

A ponthegeesztés minőségét az elektródák formája és anyaga befolyásolja, és sajnos ezeknek a kiválasztását nem mindig végzik szükséges gondossággal, ezért előfordulnak hibás hegesztések és a selejtek száma növekedik.

Az elektróda alakja és méretei határozzák meg a hegesztés minőségét, mivel a hővezetés, az áramsűrűség, az érintkezési ellenállás, és a hegpont nagysága ezektől függ. Minőségileg kifogástalan ponthegeesztéshez mindig az adott körülményeknek megfelelően kell kiválasztani az elektróda anyagát és formáját.

Az elektródának a feladata a koncentrált áramátadás és a nyomás átadása, amely jó villamos és hővezető, magasabb hőfokon is megfelelő szilárdságú anyagból készül. Ponthegeesztéshez használt elektródák anyaga leggyakrabban Cu-Cr- vagy Cu-Cr-Zr-ötvözet, amelyek megfelelnek a fentebb említett jó villamos vezetőképességnek és nagy szilárdsággal is rendelkeznek.



9. ábra: Az elektródacsúcs 3 alapformája

a) csonkakúp alakú lapos; b) legömbölyített végű; c) kúposvégű

Forrás: [1] 184. p.

A látható három alapformából fejlődött ki sokféle alakú elektródacsúcs. A csonkakúp alakú lapos sima acél lemezek és a nemvasfémek hegesztésére alkalmazzák. A jó vezető fémek és ötvözetek (sárgarész, alumínium) hegesztéséhez legömbölyített végűt használnak általában. A kúposvégű elektródacsúcs megkönnyíti az oxidált és a revés acél lemezek hegesztését.

Fontos, hogy az elektródáknak az alakja a hegesztés során ne változzon. Ha a hűtésük nem megfelelő vagy hibás és ezzel egyidőben nagy az elektródaerő, akkor az elektródák szétlapítását eredményezi. Ennek a következménye a kisebb áramsűrűség, valamint az elégtelen hőfejlődés a hegesztési helyeken (Beckert – Neumann, 1976).

2.6.3. Hegesztési hely előkészítése

A hegesztés helyének az előkészítése, mint minden más eljárásnál, itt is nagyon fontos szerepet játszik. Az elemeknek nagyon tisztának kell lenniük, festékmaradékot, rozsdát és szennyeződést mindenképpen el kell távolítani, és azokon a lemezrészeken amelyeken a nedvesség veszélyeztet, a hegesztési varrat környezetét előtte le kell alapozni.

Rögzítő szorítófogókkal szokás összeszorítani az elemeket, ritkábban szorítócsavarokat alkalmaznak. Azonban, ha nincs lehetőség szorítófogó használatára, akkor a hegesztőperemeket kis lemezcsavarokkal ajánlatos összehúzni. A csavarok helyét a hegesztés után pedig védőgázos hegesztéssel eltömíthetők.

Ha rosszul vannak a lemezek összefogatva, és nem egymáson fekszenek, akkor az áramátmenet fázásában a hegesztés helyén beégési lyuk keletkezhet, amin keresztül később a víz bejuthat. Így figyelni kell arra, hogy a lemezek felülete folyamatosan egymáshoz illeszkedjen.

A nagyjából 1100-1200 °C-os hőmérsékletet a sajtolóhegesztéshez ellenállás hevítéssel érjük el. Mivel itt nem történnek kémiai átalakulások, így nem várható az egyesítési zónában szennyeződéskialakulás.

Hegesztési időnek rövidnek kell lennie, ez a karosszéria javításnál előforduló mélyhúzó lemezeknél kb. 0,2-0,3 másodperc. A felső határa a hegesztőáramnak onnan ismerhető fel, hogy az anyag elkezd fröcskölni, az alsó határ pedig onnan, hogy az áthehesztődés nem teljes. A megfelelő hegesztési áramerősségérték kicsivel a fröcskölést kiváltó érték alatt helyezkedik el, és a karosszéria javító műhelyek hegesztőgépein általában nem állítható be (Danner – Mauer, 1991).

2.7. Fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztések

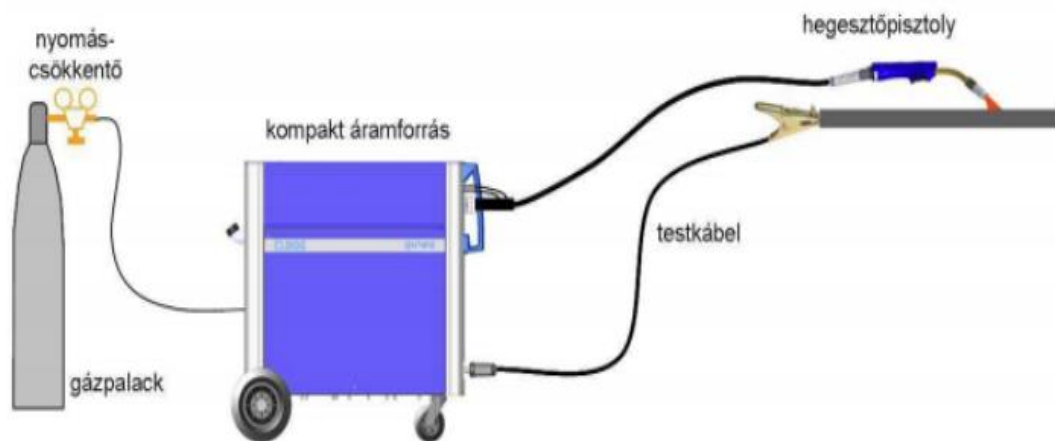
Gépjárművek karosszéria javításában elterjedtek a fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztések is, így ezt a hegesztési folyamatot is szeretném röviden ismertetni. Ennél a folyamatnál az ívhegesztéskor hegfürdő jön létre egy vagy több villamos ív által keltett hő hatására. A levegőnek a káros hatásaitól a gázellátóban lévő védőgáz védi. Ezeket az eljárásokat a hozaganyag és az alkalmazott védőgáz alapján lehet csoportosítani. Azoknál az eljárásoknál, melyeknél a védőgáz a magas hőmérsékletre melegedett fémmel nem lép reakcióba azokat semleges védőgázos eljárásnak nevezik, semleges védőgáz az argon és a hélium. Az aktív védőgázos eljárások pedig ahol vegyi reakciók zajlanak le, itt a szén-dioxid felel érte. Hozaganyagok tekintetében is megkülönböztetünk tömör és porbeles hozaganyagú eljárásokat, ezek szalagok vagy akár körszelvényű huzalok is lehetnek (Gáti, 1996).

Az MSZ ISO 4063:2002 szerint a fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztések kódjai és elnevezései:

- 13: Fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztés
- 131: Fogyóelektródás, semleges védőgázos ívhegesztés (MIG hegesztés)
- 135: Fogyóelektródás, aktív védőgázos ívhegesztés (MAG hegesztés)
- 136: Fogyóelektródás, aktív védőgázos ívhegesztés porbeles huzalelektrodával
- 137: Fogyóelektródás, semleges védőgázos ívhegesztés porbeles huzalelektrodával

2.7.1. Fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztések berendezései

A következőkben szeretném ismertetni az imént tárgyalt hegesztési eljárás berendezését.



10. ábra: **Fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztés berendezés vázlata**

Forrás: [INTERNET 1] 1. p.

Az áramforrás, vagy más néven tápegység felel a hegesztéshez szükséges villamos energiáért, valamint a hegesztés folyamatának szabályozása, és vezérlése is itt történik. Jelleg-görbéje lehet vízszintes, vagy enyhén eső, egyenáram, fordított polaritással végzik általában a műveletet.

A védőgáznak a biztosítása a hegesztés folyamán általában gázpalackról történik, és a megfelelő nyomás biztosítása érdekében nyomáscsökkentő szeleppel is el van látva, de a berendezés közvetlenül gázhálózatra is köthető.

A hegesztőpisztoly léghűtéses, vagy vízhűtéses kivitelben készül. Maga a pisztoly áll a pisztolytestből, gáz fűvókából, az áramátadó csővel, és a markolatból. Kiválasztásának lényegi szempontja, hogy a legnagyobb hegesztőáramnak feleljen meg illetve, hogy a vízhűtés és a védőgáz

megfelelő szigeteléssel legyen ellátva. Fontos még, hogy a gyakran kopó alkatrészei könnyen cserélhetőek, és a hozzákapcsolódó hegesztő tömlő könnyű, és hajlékony legyen (welding2000.hu, 2023).

2.7.2. MIG/MAG hegesztés

A karosszéria javításban a fogyóelektródás, védőgázos ívhegesztések közül a MIG/MAG eljárás terjedt el, mivel gyors és erős kötést képez különböző fémek esetében. Ezek az eljárások védőgázos hegesztésnek számítanak, mivel a levegőnek az oxigénjétől a hozaganyagot, az ívet, és az ömledéket maga a védőgáz védi meg. Magát az ívet a munkadarab és a hegesztőhuzal között hozzák létre, így a fémeket megolvassza és létrejön a hegesztett kötés. A MIG/MAG angol eredetű szavak rövidítése ami a Metal Inert Gas Welding, és a Metal Activ Gas Welding szavakból ered.

MIG eljárásnál inert gázt vagy gázkeverékeket alkalmazunk védőgázként. Maga a hegesztőív a hegesztőhuzal és a munkadarab között ég, és a huzalt 2 vagy 4 görgő tolja előre, amiket a huzalelőtoló hajtószerkezet mozgat. Ennél a hegesztésnél egyenárammal dolgozunk és általában fordított polaritást alkalmazunk.

MAG eljárást ötvözetlen és gyengén ötvözött acélok egyesítésére használjuk. Azonban gondot okoz a CO_2 védőgáz használata közben, szétbomlik szén-monoxidra, és oxigénre, így oxidáció hatásával, kell szembenéznünk. Ennek elkerülése érdekében az elektródahuzalba dezoxidáló elemeket (szilícium, mangán) ötvöztek. Előnyei közé tartozik magának a gáznak az olcsósága, és a mély beolvadás, azonban nagy hátránya a nyugtalan hegesztési ív, és az így keletkező fröcskölés.

Az ellenállás-ponthegesztéssel ellentétben a MIG/MAG hegesztés folyamatos odafigyelést, gyakorlást igényel, és nehezebben elsajátítható. A megfelelő varratminőséget befolyásolja, a kiválasztott védőgáz típusa, a hegesztési technika, a huzalvezetés, és a hegesztőgép megfelelő paramétereinek a beállítása is (Gáti, 1996).

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

A kísérletek megkezdéséhez szükséges volt, hogy rendelkezek valamilyen gépjárműből származó ponthegeesztett alkatrészre, mely szükséges szakítóvizsgálatok elkezdéséhez. Lakóhelyem közelében található egy autóbontó, ahol felvettem a kapcsolatot az ott dolgozó szakemberekkel abból a célból, hogy segítséget kérjek a dolgozatom elkészítéséhez szükséges anyagok beszerzésében. A telephelyükön többféle autóröncs volt megtalálható, és végül egy Mercedes-Benz W169-es alvázsám alatt gyártott karosszériájú A osztály mellett döntöttünk, aminek a bal első küszöbét tudták felajánlani, amivel el tudtam kezdeni a vizsgálat előkészítését.



11. ábra: Mercedes-Benz A osztály karosszériája

Forrás: Saját készítésű kép

További fontos információ, hogy a bontva található gépjármű nem baleset következtében, illetve nem javíthatatlan karosszéria sérülések miatt került a bontóba, hanem a motor jelentős meghibásodása miatt. Ez az információ jelentős szerepet játszott számomra, mivel így bizonyos lehettem abban, hogy a kísérlet alapját szolgáló ponthegeesztett kötések eredeti, sérülést nem szenvedett, tökéletes állapotban voltak fellelhetőek.

3.1. Munkadarabok előkészítése a vizsgálatra

Innentől kezdetét vehette a kimunkálás, és felosztottam a hegeesztett kötések 30 mm-es távolságokban, mivel ez a szélesség megfelelő a szakítógépbe való befogáshoz.



12. ábra: Szakítóvizsgálat utáni állapot bal, előtte jobb oldalt

Forrás: Saját készítésű kép

A kimunkálást követően, a próbatesteket munkaasztalra fektetve kalapács segítségével egyenesítettem ki, mivel minimálás hajlás volt található a munkadarab mindkét végén, így megkönnyítve a befogását a Nyíregyházi Egyetem Anyagvizsgáló Laboratóriumában található hitelesített SZ-10-es szakítógépbe. Az eszköz a tavalyi évben került modernizálásra, amely keretében a mechanikus rögzítési folyamatot digitalizálták egy számítógépes program segítségével. A fentebb látható ábra mutatja a vizsgálat utáni állapotot, a jobb oldalon pedig egy másik próbatest látható még a szakítás előtt.

A vizsgálat során a lemez a kötésnél el is szakadt, azonban a digitális szakítógépben nem tudtuk a vizsgálatot elvégezni, mivel a kötés lefejtő hatással indult és elsőként a lemezt hajlította, azonban a ponthegeztés gyakorlatilag nem vett fel semmilyen erőt, ezért a folyamatot a készülék leállította, mert az elmozduláshoz nem érzékelt erőt. Ennek következtében, hogy a vizsgálatot el tudjuk végezni, a régi (SZF-1) szakítógépet kellett alkalmaznunk, amivel sikeresen elvégeztük a mérést, és eredményként 1,1 kN szakítóerőt kaptunk.



13. ábra: Régebbi és újabb típusú szakítógép

Forrás: Saját készítésű kép

Ezen a ponton döntöttünk úgy a konzulens tanárommal, hogy nem gyári karosszéria ponthegeztett kötésekből veszünk mintát, a fent említett probléma miatt, hanem igazodva a szakítógép befogási és működési lehetőségeihez saját mintát készítünk, és így esett a választás 0,8 mm vastag hidegen hengerelt acéllemezre. Az anyagminősége DC01, ami európai szabvány szerint készült hidegen hengerelt acél. Az említett lemezt egy Nyíregyházán található lemezkereskedésbe vásároltam meg, és lemezvágó olló segítségével elkészítettük a próbatesteket, amik 100 mm hosszúságban, 30 mm szélességben, és 30 mm átfedésben határoztunk meg a könnyebb befogás érdekében. Így, amikor a terhelés megindul, a ponthegeztett kötés már a legelején feltudja venni az erőt, ezáltal elkerülhető a csúszás és a gép leállása.

3.2. Ellenállás-ponthegeztett kötések elkészítése

A ponthegeztett kötések a TELWIN által gyártott DIGITAL MODULAR 400 géppel történt, ami a karosszéria javításban az egyik legkedveltebb készülék, mivel a beállításai gyorsan és egyszerűen elvégezhetők. Ehhez a konkrét darabhoz 400 V-os tápfeszültség szükséges a működtetéséhez, maximális áram az elektródáknál rövidzárlat esetén 6,9 kA.

A vezérlőpanelen többféle beállítás közül választhatunk:

- Ponthegeztési üzemmód kiválasztó gomb: 2 beállítás közül választhatunk. Normál ponthegeztéshez szükséges, vagy pulzáló áram kiválasztása is lehetséges. A pulzáló árammal javítható a ponthegeztési teljesítmény a magas fáradási határértékkel rendelkező

lemezeknél, vagy a különleges védőfóliával bevont lemezeknél, maga a pulzáló periódus automatikus, beállítást nem igényel.

- Lemezvastagság kiválasztása: kiválaszthatjuk rajta azoknak a lemezeknek a vastagságát, amelyeket ponthegeeszteni szeretnénk, egészen 0,6-0,6 mm-től 2-2 mm-ig terjedően.
- Hegesztési idő kiválasztása: beállíthatjuk vele a ponthegeesztési időt a gyári alapbeállítás értékéhez képest, egészen 160 ms-tól 1200 ms-ig terjedően.
- Nyomóerő beállítása: a hegesztési fázisban kifejtendő nyomóerő kiválasztására szolgál, ami egy szabályozócsavar elfordításával lehetséges, 40 és 120 daN között.



14. ábra: Ponthegeesztő gép

Forrás: Saját készítésű kép

A következőkben az elkészült próbatesteket számozással láttam el, a beállított hegesztési paraméterek nyomkövetése érdekében, ezeket egy táblázattal szeretném bemutatni, és ismertetni.

2. táblázat. Sorszámozott ponthegeesztett kötések beállítása

Sorszám	Beállított lemezvastagság (mm)	Üzem mód	Hegesztési időegység (ms)
100.	0,8-0,8	Alap	-2 (160 ms)
101.	0,8-0,8	Alap	-1 (420 ms)
102.	0,8-0,8	Alap	0 (680 ms)
103.	0,8-0,8	Alap	+1 (940 ms)
104.	0,8-0,8	Alap	+2 (1200 ms)
105.	1-1	Alap	0 (Alap beállítás)
106.	0,8-0,8	Pulzáló	0 (Alap beállítás)

Forrás: Saját készítésű táblázat

A 2. táblázatban látható adatokat a következőképpen kell értelmezni:

- Sorszám: 100 – ez a munkadarab sorszáma
- Beállított lemeztavastagság: 0,8-0,8 – a készüléken kiválasztott lemeztavastagság
- Üzemmód: Alap – normál ellenállás-ponthegesztési üzemmód
- Hegesztési idő egység: -2 – a kiválasztott hegesztési idő ami jelen esetben 160 ms

3.3. Furatos ponthegesztett kötések elkészítése MAG eljárással

A furatos ponthegesztett kötések fogyóelektródás védőgázos ívhegesztéssel készültek MAG eljárással, a Pro Smart MigTigM 1900Synergic inverteres hegesztőgéppel.

Ahhoz, hogy az ívponthegesztést el tudjuk végezni, az ellenállás-ponthegesztéssel ellentétben, előmunkálatok voltak szükségesek. Ami jelen esetben azt jelentette, hogy a két összehegesztendő próbatestből az egyiket, gyorsacél fúró segítségével átfúrtuk.

Próbáltunk törekedni arra, hogy minél többféle eredményt kapjunk, emiatt három különböző átmérőben készítettünk furatokat:

- 4 mm átmérőjű
- 5 mm átmérőjű
- 6 mm átmérőjű

A készüléken a következő paraméterek kerültek kiválasztásra:

- MIG eljárás
- 2T
- Áramerősség több lépcsőben került kiválasztásra
- CO_2 védőgáz típus
- 0.8 mm átmérőjű huzal befűzés



15. ábra: Inverteres hegesztőgép

Forrás: Saját készítésű kép

Az elkészült próbatesteket számozással láttam el, a beállított hegesztési paraméterek nyomkövetése érdekében, ezeket szintén egy táblázattal szeretném bemutatni, és ismertetni ugyan úgy mint a ellenállás-ponthegesztett varratok esetében.

3. táblázat. Sorszámozott ívponthegesztett kötések beállításai

Sorszám	Átmérő (mm)	Áramerősség (A)
200	4 mm	50 A
201	4 mm	60 A
202	4 mm	70 A
203	5 mm	50 A
204	5 mm	60 A
205	5 mm	70 A
206	6 mm	50 A
207	6 mm	60 A
208	6 mm	70 A

Forrás: Saját készítésű táblázat

Az előzetes próbatestek készítésekor kizártuk az 50 A alatti áramerősséget, mert nem volt megfelelő az összeolvadás, és túlzott varratdudot volt tapasztalható. 75 A áramerősség mellett pedig a 0,8 mm vastagságú lemez már átolvadt.

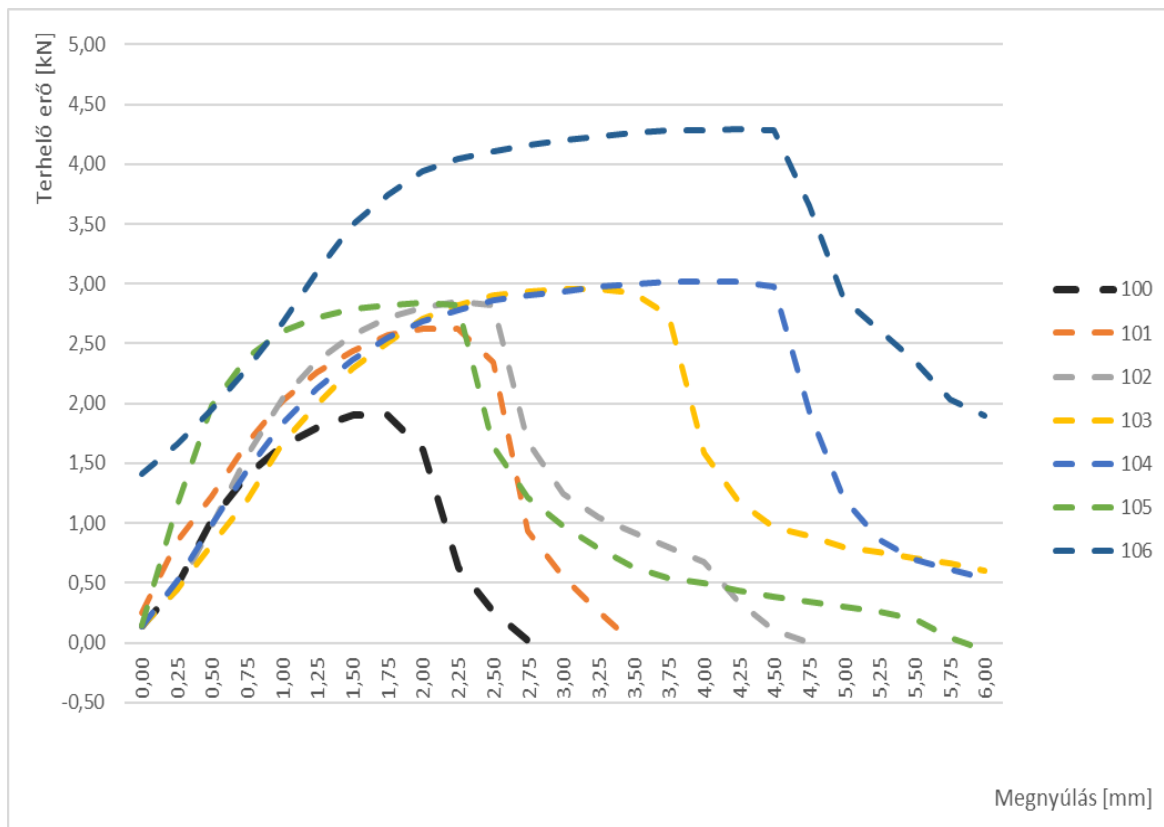
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

A vizsgálat, hogy kezdetét vehesse, elsősorban beállításra került a 20mm/perc szakítási sebesség, majd befogásra kerültek a próbatestek a befogó pofák által. Legvégül az elektronikus jegyzőkönyv feadatainak kitöltése következett a megfelelő adatokkal. Ezeknek a beállításoknak a következtében kezdődhet el a mérési folyamat.

A mérést az erőmérő cella, illetve az útjeladó regisztrálta, ezeknek az adatoknak a következtében jöttek létre a szakítódiagramok.

4.1. Ellenállás-ponthegesztett kötések szakítóvizsgálata

A próbatesteket számozással láttam el a könnyebb beazonosíthatóság érdekében. A vizsgált ellenállás-ponthegesztett kötéseknek a szakítódiagramjai a következő ábrán láthatók. amik 100-106 számozásig terjednek.



16. ábra: Ellenállás-ponthegesztett szakítóvizsgálat eredményei

Forrás: Saját készítésű diagram

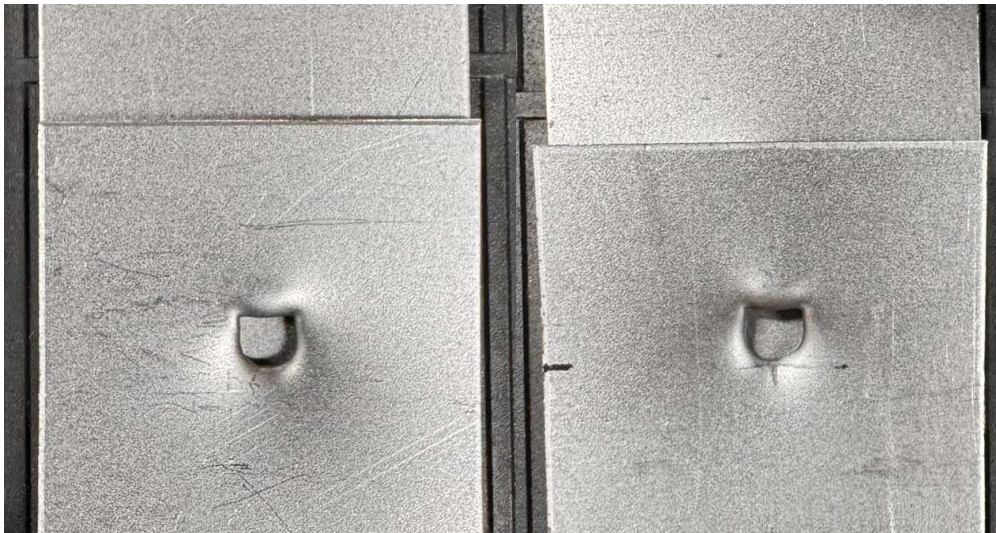
A szakítóvizsgálatok eredményeit sorban 100-tól felfelé haladva ismertetem.

100. sorszámú hegesztés paraméterei a következők voltak:

- 0,8-0,8 mm beállított lemezvastagság
- Normál ellenállás-ponthegeztési üzemmód
- -2 időegység (160 ms)

A leírt beállításokkal ez a próbatest érte el a legkisebb terhelő erőt az 1,91 kN-t, amihez tartozik egy 1,5 mm megtett úthossz, innen meredeken megtört a görbe lefelé. A lefelé tartó ívből elmondható, hogy a ponthegeztett kötés már nem vett fel semmilyen erőt, és ebben a szakaszban az alapanyagnak a szakadása látható, majd 2,75 mm megtétele után olyan szinten csökken a terhelő erő, hogy a gép saját belső rendszere megállította a vizsgálatot. A kapott eredmények nem kedvezőek, mivel túlságosan hamar felépült a maximális erő, így ezekkel a beállításokkal nem javasolt a kötések elkészítése.

A következő képek a hegesztett kötés két oldalát mutatják.



17. ábra: **100. sorszámú próbatest állapota szakítás után**

Forrás: Saját készítésű kép

101. sorszámú hegesztés paraméterei a következők voltak:

- 0,8-0,8 mm beállított lemezvastagság
- Normál ellenállás-ponthegeztési üzemmód
- -1 időegység

A próbatest karakterisztikája nagyon hasonló az előzőhöz, de a szakítóerő magasabb értéket ért el, 2,62 kN-t, majd meredekebb esésbe kezdett. A terhelő erő csökkenése miatt 3,5 mm megnyúlásnál a készülék jelen esetben is leállította a folyamatot.



18. ábra: **101. sorszámú** próbatest állapota szakítás után

Forrás: Saját készítésű kép

102. sorszámú hegesztés paramétereit a következők voltak:

- 0,8-0,8 mm beállított lemezvastagság
- Normál ellenállás-ponthegeztési üzemmód
- Alap időegység

A 101. számú karakteristikáját közelíti meg, a különbség a maximálisan elért szakító erő ami bár nem sokkal de nagyobb eredményt ért el, 2,85 kN-t. A megtett út már több mint 1 mm-el meghaladta az előzőt, így elérve a 4,75 mm-t. Az előző kettő szakítással egybenézve, a megnyúlás és a szakítóerő nagyobb értéke miatt, felülmúlja azokat.



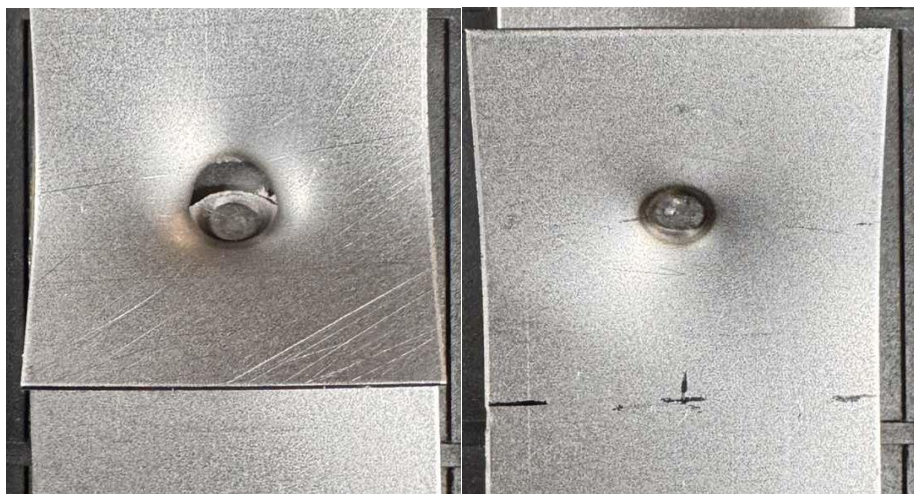
19. ábra: **102. sorszámú** próbatest állapota szakítás után

Forrás: Saját készítésű kép

103. sorszámú hegesztés paraméterei a következők voltak:

- 0,8-0,8 mm beállított lemezvastagság
- Normál ellenállás-ponthegeztési üzemmód
- +1 időegység

Megnézve a karakterisztikát a 102.-hez viszonyítva, itt is ugyanazok jellemzik a görbét, és itt már látszik, hogy csupán az időegység módosításával elérhető a közel 3 kN szakítóerő. A vizsgálat utáni képeket megnézve, az előzőektől eltérően, itt már csak a próbatest egyik oldalából szakította ki a ponthegeztés közvetlen közeli területét, míg a másik oldalt maga a kötést körülvevő lemez megnyúlása látható.



20. ábra: **103. sorszámú próbatest állapota szakítás után**

Forrás: Saját készítésű kép

104. sorszámú hegesztés paraméterei a következők voltak:

- 0,8-0,8 mm beállított lemezvastagság
- Normál ellenállás-ponthegeztési üzemmód
- +2 időegység

Sok különbség nem keletkezett ezekkel a beállításokkal a 103.-hoz képest, a maximális szakítóerő szinte megegyező, csupán a lefele tartó ív kezdett el később megindulni. Elmondható, hogy az idő növelése pozitív hatással van a kötés karakterisztikájára, mivel nagyobb nyúlásnál van ugyanakkora szakítóerő, tehát nagyobb tud deformálódni a lemez mielőtt elkezdene csökkenni a szakítóerő.



21. ábra: **104. sorszámú próbatest állapota szakítás után**

Forrás: Saját készítésű kép

105. sorszámú hegesztés paramétereit a következők voltak:

- 1,0-1,0 mm beállított lemeztavastagság
- Normál ellenállás-ponthegesztési üzemmód
- Alap időegység

Az eddigi kísérletekhez csak az időt került módosításra, azonban jelen vizsgálatnál a beállított anyagvastagságot 0,8-0,8 mm-ről 1,0-1,0 mm-re növeltük. Az erőmaximum sokkal meredekebb ívet kezdett el kirajzolni, és az értéke csupán 2,84 kN-t érte el, ami megegyezik a 102. számú vizsgálat eredményével. Ezen beállításokkal elmondható, hogy a készülék által javasolt lemeztavastagság beállításai megfelelően vannak programozva, és nem szabad ettől eltérni.



22. ábra: **105. sorszámú próbatest állapota szakítás után**

Forrás: Saját készítésű kép

106. sorszámú hegesztés paraméterei a következők voltak:

- 0,8-0,8 mm beállított lemezvastagság
- Pulzáló ellenállás-ponthegeztési üzemmód
- Alap időegység

Az utolsó vizsgálathoz, olyan beállítás került módosításra, amit eddig nem változtattunk, mégpedig a ponthegeztési üzemmód. Pulzáló üzemmód került kiválasztásra, amely során a hegesztőáram nem folyamatos, hanem annak az intenzitása időben szabályosan növekszik és csökken, ez lehetővé teszi, hogy az anyag kissé lehűljön két impulzus között, ami segíti a túlmelegedés és az anyagszerkezeti torzulás elkerülését.

Karakterisztikáját tekintve kiemelkedő eredmény született, ugyanis ezzel a beállításokkal sikerült elérni a legnagyobb maximális terhelőerőt, a 4,29 kN-t.

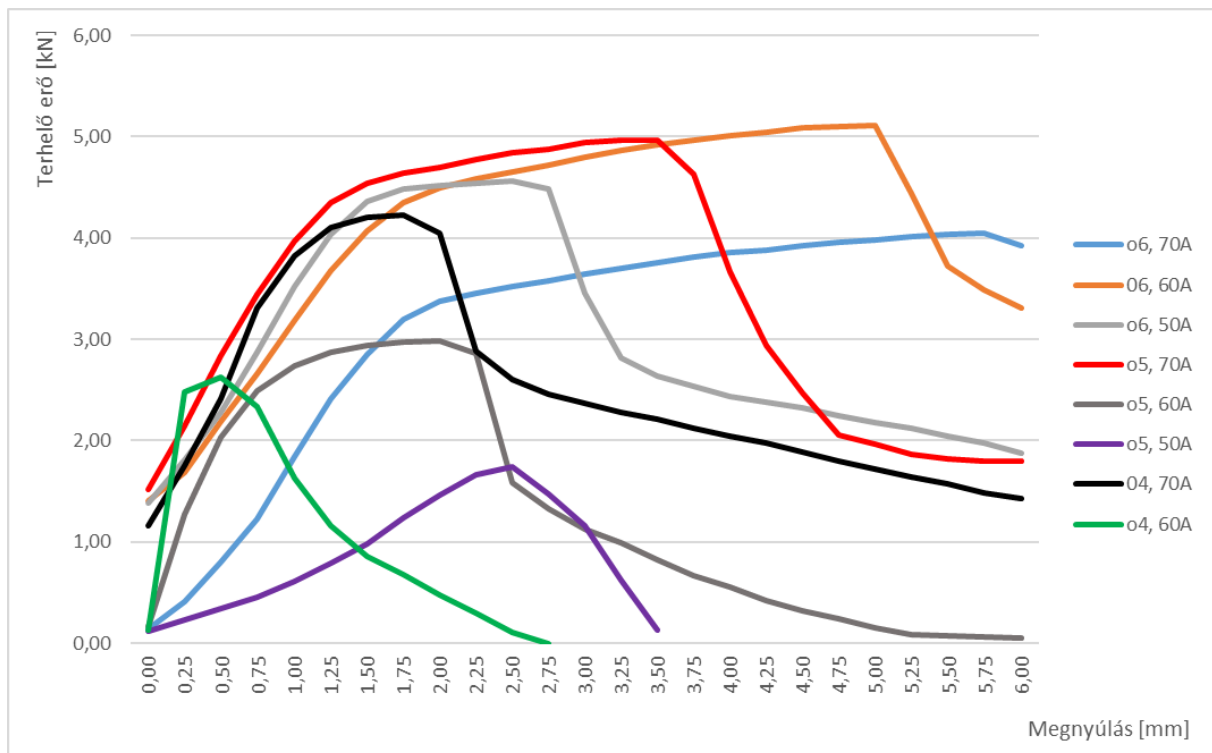


23. ábra: 106. sorszámú próbatest állapota szakítás után

Forrás: Saját készítésű kép

4.2. Ívponthegeztett kötések szakítóvizsgálata

A vizsgált ívponthegeztett kötéseknek a szakítódiagramjai a következő ábrán láthatók.



24. ábra: Ívponthegesztett szakítóvizsgálat eredményei

Forrás: Saját készítésű diagram

A szakítóvizsgálatok diagramját egyszerűbbnek találtam a furat átmérő, és az áramerősség ismertetésével ellátni, mivel az ellenállás-ponthegesztéssel ellentétben kevesebb beállítási lehetőségek voltak elérhetőek, így a diagram mellett található leírás egyszerűen leolvasható.

Készült olyan hegesztés, amely nem került fel az ívponthegesztett szakítóvizsgálat eredményeinek a diagramjába. Ez történt 4 mm-es átmérő 50 A áramerősséggel készült próbatest esetén, mivel már a befogás alatt a kötés elszakadt.

Az eredményeket a legkisebb átmérőtől, és a legkisebb áramerősségtől kezdve ismertetem.

- Átmérő: 4 mm
- Áramerősség: 60 A

A fentebb említett beállításokat használva a diagramon látható, hogy nagyon meredeken történt meg a maximális szakítóerő elérése, ami a próbatest szakadását okozta. Valószínűsíthető, hogy a szakadás a kis átmérőnek, és a kis bevitt áramerősségnek volt köszönhető.

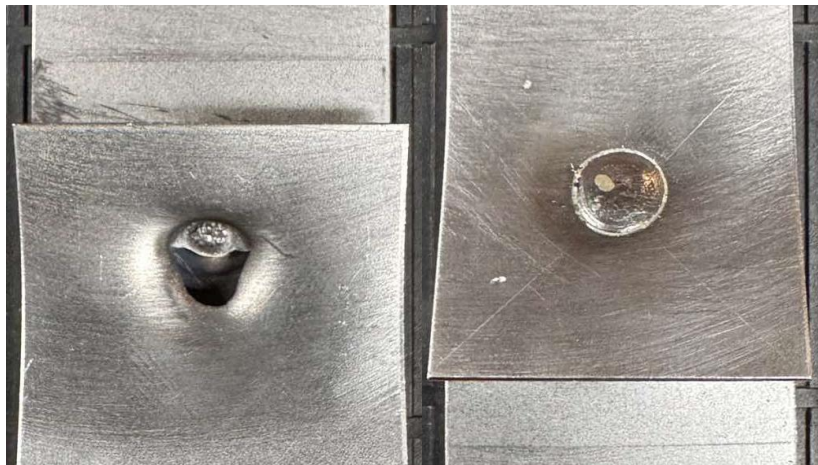


25. ábra: **4 mm átmérőjű, 60 A áramerősségű próbatest a szakítás után**

Forrás: Saját készítésű kép

- Átmérő: 4 mm
- Áramerősség: 70 A

Ezeket a beállításokat alkalmazva látható, hogy a legmagasabb szakítóerő értéke 4,22 kN, ami az elleneállás-ponthegesztéssel készült kötések közötti legjobb eredményével majdnem megegyezik. A karakterisztikája alapján látható, hogy nagyon hasonlít a magasabb értékeket elért társaiéra.



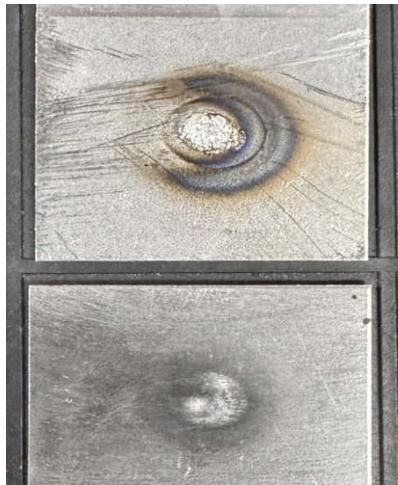
26. ábra: **4 mm átmérőjű, 70 A áramerősségű próbatest a szakítás után**

Forrás: Saját készítésű kép

- Átmérő: 5 mm
- Áramerősség: 50 A

Ez a legalacsonyabb érték az 5 mm-es átmérők között, a görbének a gyors lefolyása alapján már látható, hogy a kötés elszakadt. Levonható a következtetés, hogy az 50 A áramerősség kevesebb

bevitt hővel gyengébb kötést eredményezett, és nem volt elegendő a megfelelő kötés létrehozásához, az ennél alkalmazott átmérőnél.

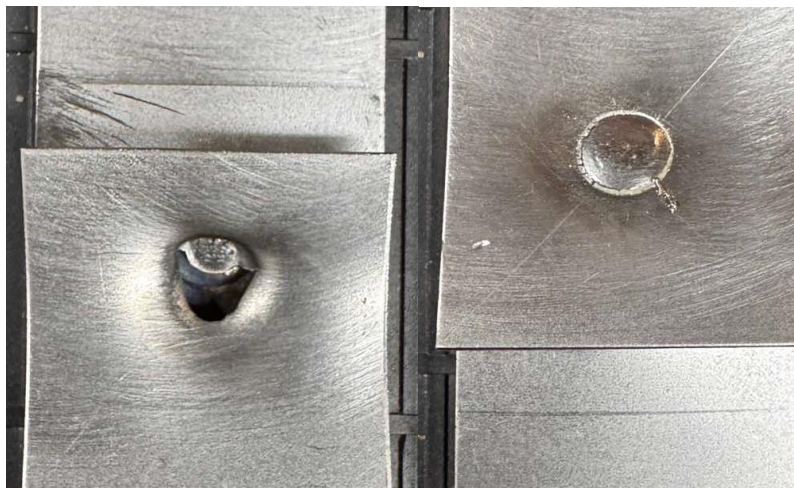


27. ábra: **5 mm átmérőjű, 50 A áramerősségű próbatest a szakítás után**

Forrás: Saját készítésű kép

- Átmérő: 5 mm
- Áramerősség: 60 A

Fokozottabb emelkedés figyelhető meg, mint a 4 mm-es 70 A-s változatnál, de a maximális szakítóerő alacsonyabb (3 kN). Látható javulás, a kötés erősebb, de deformáció kiterjedt, így ebből megállapítható, hogy az áramerősség elegendő volt. A szakítás utáni állapota szinte teljesen megegyezik a 4 mm átmérőjű 70 A-al készült próbatestével.

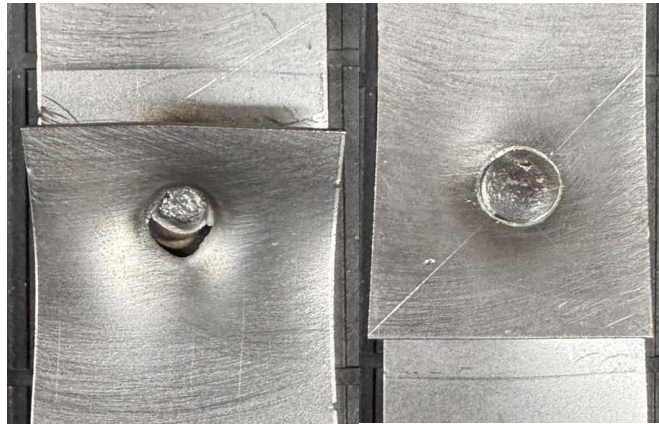


28. ábra: **5 mm átmérőjű, 60 A áramerősségű próbatest a szakítás után**

Forrás: Saját készítésű kép

- Átmérő: 5 mm
- Áramerősség: 70 A

A görbe meredeken emelkedik, majd a közel 5 kN elért maximális szakítóerő után gyorsan zuhan. Ez a beállítás biztosította a legjobb kötést az 5 mm-es átmérő esetén. A deformáció egyenletesnek tekinthető, és a szakadás kiterjedtebb, ami az erős kötésre utal.



29. ábra: **5 mm átmérőjű, 70 A áramerősségű próbatest a szakítás után**

Forrás: Saját készítésű kép

- Átmérő: 6 mm
- Áramerősség: 50 A

Itt jól látható, hogy az alacsonyabb áramerősség miatt a kötés kevésbé tartott, és a maximális szakítóerő is kevesebb az előző 5 mm 70 A beállításaihoz képest. A kötés nem szakadt bár, ennél az átmérőnél ajánlatos magasabb áramerősséget alkalmazni a jobb eredmények érdekében.

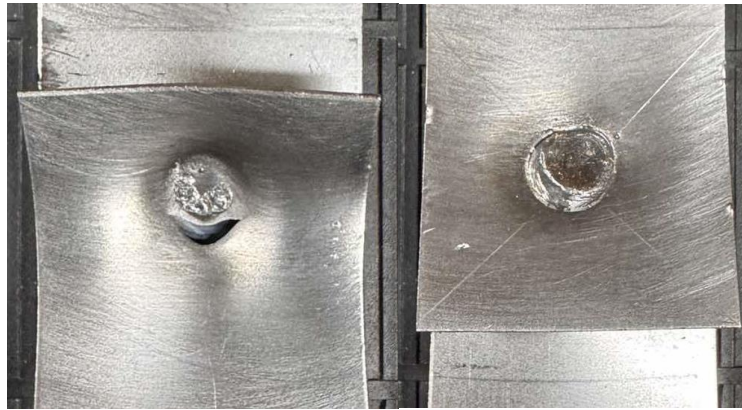


30. ábra: **6 mm átmérőjű, 50 A áramerősségű próbatest a szakítás után**

Forrás: Saját készítésű kép

- Átmérő: 6 mm
- Áramerősség: 60 A

Javulás látható, a kötés erősebb, a deformáció kiterjedtebb. Ezekkel a beállításokkal sikerült a legnagyobb szakítóerőt elérni (5,11 kN). A képek alapján, az alapanyag nyúlása jól látható, hisz nem a kötést húzta szét, hanem a megnövekedett hőbevitel miatt az alapanyag kezdett nyúlni.

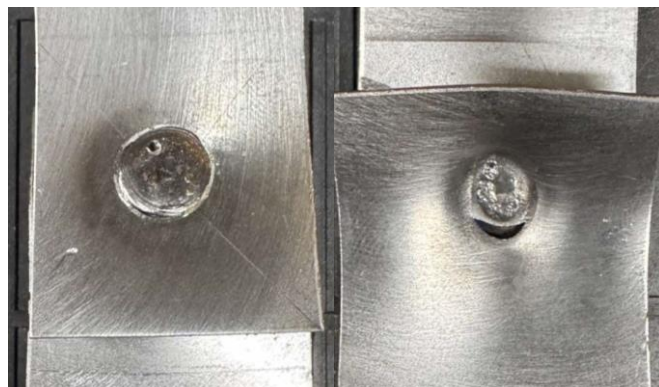


31. ábra: 6 mm átmérőjű, 60 A áramerősségű próbatest a szakítás után

Forrás: Saját készítésű kép

- Átmérő: 6 mm
- Áramerősség: 70 A

A megnövekedett áramerősség miatt, a kötés kissé szakadt ki, azonban a lemez lágyulása figyelhető meg a szintén nagy hőbevitel miatt.

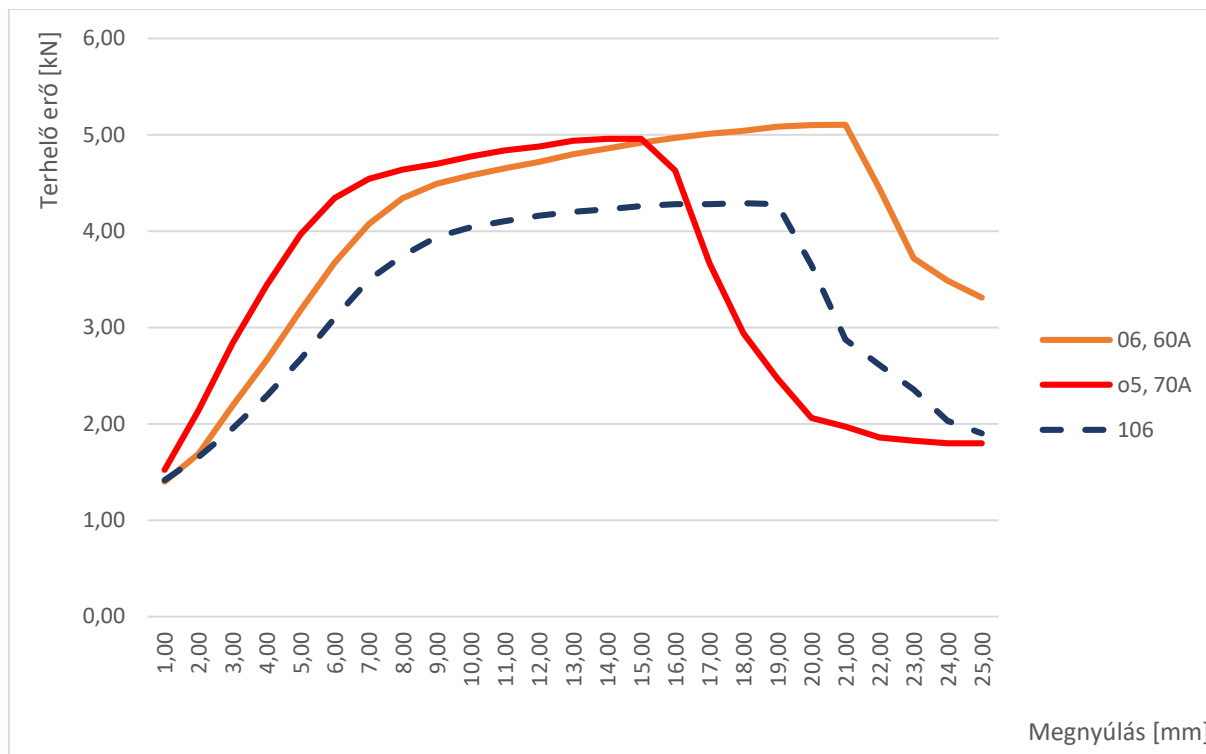


32. ábra: 6 mm átmérőjű, 70 A áramerősségű próbatest a szakítás után

Forrás: Saját készítésű kép

4.3. Legjobb eredmények

A vizsgálatok alapján összehasonlításra került az ellenállás-ponthegesztéssel, és az ívponthegesztési eljárással készült kötések legjobb eredményei, amiknek a karakterisztikája összevetve egymással, a következő diagramon láthatók.



33. ábra: Legjobb eredmények összehasonlítása

Forrás: Saját készítésű diagram

Az ellenállás-ponthegesztéssel készült kötések közül a 106.-os próbatest érte el a legnagyobb szakítóerőt (4,29 kN). Rengeteg beállítást elvégeztem, még a nagyobb anyagvastagságot is kiválasztottam, de mégis ez lett a terhelés szempontjából a legkedvezőbb.

Ennél a sorszámnál alap időegység és a valós 0,8-0,8 mm anyagvastagság került kiválasztásra, de ami a kimagasló eredményt szolgáltatva az a pulzáló hegesztési eljárás beállítása. Ezzel is igazolva, hogy ezzel a beállítással elkerülhető volt a túlmelegedés és az anyagszerkezeti torzulás, mivel a hegesztőáram nem folyamatos, hanem annak intenzitása időben szabályosan növekedett és csökkent, ami lehetővé tette az anyag visszahűlését a két impulzus között. A szakadás az anyag deformációja során történt, nem kizárólag a hegesztési pont körül, és a kötési terület sem vált gyenge ponttá, ami a jó hegesztési minőségére utal.

Az inverteres ívhegesztési eljárással készült kötések értékelése során a legjobb eredmények azt igazolták, hogy a nagyobb furatátmérőkkel és megfelelően megválasztott áramerősséggel optimális kötési szilárdság érhető el. Azonban amennyiben csökkentjük a furatátmérőt, azzal arányosan növelni

kell az áramerősséget, mint például a 4 mm-es kötések esetén is látható ahol a nagyobb áramerősség (70 A) segítségével sikerült csak megfelelő kötést létrehozni.

A 6 mm átmérőjű, 60 A áramerősséggel készült próbatest kimagasló, 5,11 kN-os szakítóerőt produkált. Ennél az esetben a közepes áramerősség biztosította a kötési zóna megfelelő hőbevitelét anélkül, hogy az anyagszerkezet túlzott torzulást szenvedett volna el. A deformáció kiterjedt volt, és a szakadás nem kizárólag a hegesztési pontnál jelentkezett, hanem az anyag egész keresztmetszetén oszlott meg. Ez az eredmény jól mutatja, hogy a nagyobb furatátmérő alkalmazásával az anyag képes volt jobban eloszlatni a terhelést, így nagyobb szakítóerőt lehetett elérni.

A másik kiemelkedő eredményt a 5 mm átmérőjű, 70 A áramerősséggel készült próbatest érte el, 4,96 kN-os maximális szakítóerővel. Ebben az esetben a kisebb furatátmérőhöz magasabb áramerősség volt szükséges a megfelelő hőbevitel és a kötési szilárdság biztosításához. A szakítási görbéből megfigyelhető, hogy a maximális szakítóerő eléréséig a deformáció egyenletesen oszlott meg a kötési zónában, ami erős és tartós kötésre utal. A magasabb áramerősség viszont a kisebb átmérő miatt fokozott figyelmet igényelt a túlmelegedés elkerülése érdekében.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Már a dolgozatom elején is arra kerestem a választ, hogy vajon kiváltható-e a ponthegeztő készülék a gépjárműkarosszériák javítása során, és a vizsgált paraméterek alapján a következőkre jutottam.

Az ellenállás-ponthegeztést az autógyártók előszeretettel alkalmazzák mivel gyors, erős, megbízható kötéseket hoz létre minimális deformációval. Előnyei közé tartozik, hogy bárki elsajátíthatja mivel gyakorlást nem igényel, a beállítások egyszerűen és könnyen elvégezhetők, szinte semmilyen előkészületet nem igényel, és esztétikusabb eredmény is érhető el a segítségével. Azonban nagyon szűk körben alkalmazható, és sokan ezért nem is ruháznak be rá, mivel a karosszéria munkálatok során nem csak ponthegeztés van, hanem más hegesztési módok is megtalálhatók. Más negatív tulajdonságokkal is rendelkezik, mint például a súlya (10 kg), és bonyolultabb szerkezeteknél nehezebben is férhető a hegesztendő területhez.

Így elmondható, hogy sokkal univerzálisabban alkalmazható eszköz a fogyóelektródás hegesztőgép. Negatív szempontjai közé tartozik, hogy a másik munkadarabot át kell fűzni a kötés létrehozásához, ami sok előkészületet vesz igénybe amire bemérjük a furat pontos helyét, és csak azután lehetséges a hegesztés elkezdése, és utómunkálatokat is igényel az esztétikusabb eredmény érdekében (csiszolás).

Az eredményeket ismerve, arra a következtetésre jutottam, hogy ha nem áll rendelkezésre ponthegeztő készülék akkor fogyóelektródás védőgázos ívhegesztéssel bátran helyettesíthető. Az inverteres ívhegesztés alkalmazása során kiemelten fontos a megfelelő beállítások megválasztása a kívánt kötési szilárdság és minőség elérése érdekében. A vizsgálatok alapján a 6 mm-es furatátmérő és 60 A áramerősség, valamint az 5 mm-es furatátmérő és 70 A áramerősség bizonyultak a legjobb kombinációnak a stabil és erős kötés kialakításához. Fontos azonban kiemelni, hogy a 4 mm-es furatátmérő alkalmazása nem javasolt, mivel ezek az eredmények nem biztosítottak megfelelő szilárdságot, és jelentős kompromisszumokat eredményeztek a kötés minőségében. Az optimális beállítások kiválasztása elengedhetetlen a hegesztési eljárás sikerességéhez, különösen a nagy terhelésnek kitett karosszériaelemek esetében.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az autóiparban gyártott karosszériák javításánál a megfelelő hegesztési technológia kiválasztása kulcsfontosságú, hiszen a kötés minősége, szilárdsága alapvetően befolyásolja a jármű biztonságát. A dolgozat elkészítése közben vizsgált ellenállás-ponthegesztési és inverteres ívhegesztési eljárások lehetőségeit mértem fel.

Az ellenállás-ponthegesztés, a gyári technológiákban széles körben alkalmazott módszer, kimagasló minőséget biztosít a karosszérialemezek összekötésekor. A vizsgálatok során megállapítottam, hogy a pulzáló hegesztési üzemmód alkalmazásával elkerülhető az anyag túlmelegedése, miközben az eljárás precíz, homogén kötések eredményez minimális deformációval. Ez különösen alkalmassá teszi a technológiát a járműkarosszéria elemek helyreállítására, ahol a szilárdság és a pontos illeszkedés alapvető szempont.

Ezzel szemben az ívponthegesztett kötések közül is az átmérők és áramerősségek különböző variációi közül születtek kiemelkedő és kevésbé kiemelkedő eredmények. Megállapításra került, hogy a 4 mm-es furatátmérővel semmilyen körülmények között nem ajánlatos elvégezni a munkálatokat. A két legjobb eredményt az 5 mm-es és a 6 mm-es átmérőknél, 70 A és 60 A beállításával sikerült elérni, amelyek meghaladták az ellenállás-ponthegesztéssel készült legjobb eredményt is.

Összességében az inverteres ívhegesztés nagyobb rugalmasságot kínál a hegesztési paraméterek és a hozzáférési lehetőségek tekintetében. Az ívhegesztési eljárás a nagyobb szakítóerőt igénylő, strukturális szempontból kritikus helyeken mutatott kiemelkedő teljesítményt, ahol a ponthegesztés nem, vagy csak nehézkesen alkalmazható. Azonban a hőbevitel fokozott odafigyelést igényel, hogy elkerülhetők legyenek az anyagszerkezeti károsodások.

A dolgozat eredményei arra engednek következtetni, hogy az ellenállás-ponthegesztő gép a karosszéria javítások során igenis helyettesíthető fogyóelektródás védőgázos ívhegesztéssel. Az optimális javítási stratégia megválasztása a jármű sajátosságainak, a kötési követelményeknek és a gyártói előírásoknak megfelelően szükséges. Ezáltal biztosítható a javítás tartóssága, szilárdsága és biztonsága, valamint a hegesztett kötés hosszú távú megbízhatósága.

Irodalomjegyzék

- [1] Beckert, M. – Neumann, A. (1976): A hegesztés alapismeretei, hegesztési eljárások. Műszaki Könyvkiadó, 319 p.
- [2] Danner, M. – Mauer, F. (1991): Sérült gépkocsik korszerű javítása. Eurotax Kft., 398 p.
- [3] Gáti, J. (1996): Hegesztési zsebkönyv. Műszaki Könyvkiadó, 801 p.
- [4] Lakner, E. (2021): Karosszérialakatos szakmai ismeretek. Műszaki Könyvkiadó, 231 p.
- [5] Bohner, M. – Gscheidle, R. – Leyer, S. – Pichler, W. – Saier, W. – Schnidt, H (2014): Gépjárműszerkezetek. Műszaki Könyvkiadó, 371 p.

Internetes források:

INTERNET 1: Welding2000: HEGESZTÉSTECHNIKA - Fogyóelektródás védőgáz (MIG / MAG) HEGESZTÉS 2023.07.22

<https://www.welding2000.hu/blog/hegesztestechnika-mig-mag-hegesztes>

INTERNET 2: Heidrich, S. (2009): Auswirkungen einer nicht fachgerechten Instandsetzung an modernen Fahrzeugkarosserien in Bezug auf einen möglichen Folgeschaden

https://www.k-t-i.de/fileadmin/user_upload/pdfs/publikationen/ti/2009/2009-02_TI_Fair-Repair.pdf

INTERNET 3: Kiebach, H. (2012): Passive Sicherheit von fachgerecht instand gesetzten Pkw

https://www.k-t-i.de/fileadmin/user_upload/pdfs/publikationen/ti/2012/2012-05-15_TI-04_Fair-Repair.pdf

INTERNET 4: Telwin Digital Modular 400 használati útmutató

https://www.telwin.com/ExternalAssets/risc6000/954534_L.PDF

INTERNET 5: BLM PRO Smart MIGTIGM 1900 Synergic használati útmutató

https://tridragon.hu/custom/tridragon/image/data/srattached/c6850d9317e1b19d7fff13f0036de5ad_BLM-PRO-Smart-MIGTIGM-1900-Synergic.pdf

INTERNET 6: Lemez

<https://hu.galvanized-sheets.com/info/dc01-steel-mechanical-properties-52550034.html>