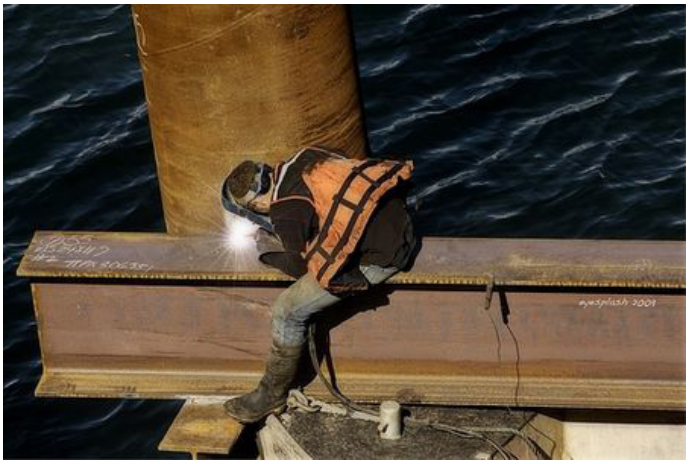
Az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos hegesztés HELYES GYAKORLATA

Védekezés az áramütéssel szemben

A helyes gyakorlat útmutató célja a hegesztés és rokon eljárásai veszélyeinek és ártalmainak megelőzését szolgáló, szakmailag helyesnek tekintett és/vagy bizonyult gyakorlat bemutatása. Alkalmazása nem kötelező, választhatók más, legalább egyenértékű biztonságot nyújtó megoldások. A jelen kiadványban bemutatott megoldások azonban megfelelnek az egészséget nem veszélyeztető és biztonságos munkavégzés jogszabályokból eredő követelményeinek, de hasznosak lehetnek a munkabiztonságot és munkaegészségügyet irányítók és ellenőrzők számára is, amikor a vonatkozó jogszabályoknak megfelelő, helyes gyakorlatot kívánják megvalósítani vagy szemléltetni.

1. A tevékenység rövid bemutatása



Az alkalmazott hegesztési eljárás:

Ívhegesztés szerelésen

A tevékenység oka

Hídépítésen a segédelemként használt, éppen a helyére emelt I tartót kell hegesztéssel rögzíteni. A feladat elvégzését egy hegesztőre bízzák, aki bázikus bevonatú elektródával felszerelve, az I tartón egyensúlyozva közelíti meg a munkavégzés helyét. Kezében a bekapcsolt áramforráshoz kapcsolt, elektródafogóval ellátott hegesztőkábel és testcsipesszel szerelt testkábel. Mindkét kábelt a vállán átvetve húzza. A fején (most még felhajtva) fejpajzs. A helyszínre érve, biztonságba helyezi magát (leül a képen látható módon), csatlakoztatja a testkábelt, majd elkészíti az I tartót rögzítő, négy, egyenként kb. 300 mm hosszú sarokvarratot. Ezután leválasztja a testkábelt, és (a felhajtott fejpajzzsal a fején) leválasztja a testkábelt, majd a hegesztőkábellel összefogva, elhagyja a helyszínt. A hegesztő e tevékenység végzése közben leeshet és áramütést szenvedhet.

A tevékenység célja:

A hegesztő védelmének biztosítása az áramütés és a leesés ellen.

2. A veszélyek azonosítása

2.1. A magasban végzett munka és a helyváltoztatás veszélyei

A magasban végzett munka *legfontosabb veszélye a leesés*. Súlyosbító tényezőt jelent a munkaszintet alkotó anyag minősége. A leesés veszélyét ugyanis növeli az, ha a munkavállalónak olyan helyen kell tartózkodnia, közlekednie és munkát végeznie, amely, vagy nem tudja megtartani, vagy a felülete valamilyen ok miatt csúszós. További veszélyt jelent a magasban lévő munkaszint biztonságos megközelítési lehetősége.

2.2. A hegesztés veszélyei

- **ergonómiai** (l. HB H1.1)
- **füst- és gáz emisszió** (l. HB H2)
- **optikai sugárzás** (l. HB H3)

- **folyékony, forró fémcseppek** (fröcskölés) (l. HB H4)
- **elektromágneses tér** (l. HB H6.1)
- **villamos áramütés**
- **repülő szilárd részecskék** (l. HB H8)
- **elcsúszás** (l. HB H18)

A továbbiakban a fenti veszélyek közül csak a villamos áramütés elleni védekezés lehetőségeit fogjuk részletezni.

3. A veszélyeztetettek száma, az érintettek azonosítása

Az adott munkahelyzetben elsősorban a hegesztő- és a testkábelt a hegesztés helyszínére juttató, majd a hegesztő áramforrást a testcsatlakozó segítségével az áramforráshoz kapcsoló **hegesztő** a veszélyeztetett.

Ívhegesztő felszerelések használata során fennálló áramütés veszélye kapcsán a veszélyeztetettek köre általában bővül a munkavégzés hatókörében lévő személyekkel, azokkal, akik

- az áramforrással villamos kapcsolatban lévő munkadarabbal érintkeznek, illetőleg azon tartózkodnak,
- a feszültség alatt lévő hegesztő- vagy vágó szerszámot (elektródafogót, pisztolyt) megérintik,
- a hegesztés közben kialakuló kóboráram révén sérült védővezetőjű villamos készüléket csatlakoztatnak az adott esetben szintén sérült védővezetőjű hálózathoz, azaz hiányzik a közvetett érintés elleni védelem (a hibavédelem).

4. Elméleti összefoglaló

4.1. A villamos áram élettani hatása

A villamos áramütés feltételei

Feszültség alatt álló tárgyat megérintve, az áldozat áramkör részévé válhat. A testen átfolyó áram – Ohm törvényének megfelelően – függ a *feszültségtől* és az áramkör (amelynek esetünkben az emberi test is része) *ellenállásától*.

Az emberi testen (annak biológiai funkcióit megzavaró) átfolyó áram, az ún. *testáram nagysága* tehát függ:

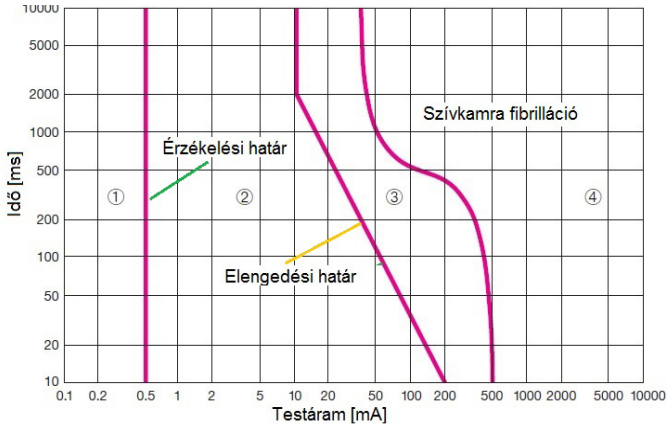
- a test két pontja közötti villamos feszültségtől: az ún. érintési feszültségtől, valamint
- a két pont közötti ohmos ellenállástól, amely két fontos tényezőre bontható:
  – az érintési pontok átmeneti ellenállására, amelyet a csupasz bőr és a megérintett feszültség alatti tárgy között lehet mérni (ennek növelését szolgálják a védőfelszerelések), valamint
  – az emberi test átlagos ellenállására, amelynek nagyságát lényegesen befolyásolja a bőr felületének állapota.

Az áramkör ellenállása a bőr, a test és a védőöltözet ellenállásának összegéből adódik. A bőr ellenállása elsősorban az érintkezés felületétől és nedvességétől függ. Az emberi test ellenállása, a bőr kivételével viszonylag kicsi (kb. 500 Ohm végtagonként).

A villamos áramütés kockázatai

A megérintett feszültség hatására az emberi testen keresztül kialakuló testáram hatása függ:

- az áram nagyságától és az áramütés időtartamától (l. az H6.2-1. ábrát),
- a testen áthaladó áram pályájától (l. a H6.2-2. ábrát) és
- az áram frekvenciájától.



H6.2-1. ábra. A testáram és az idő összefüggésének jellege 15...100 Hz frekvenciájú váltakozó áram esetén (IEC 479:1974 alapján)

Ártalmatlan áram (1. tartomány). Váltakozó áramot kb. 0,5 mA-tól lehet érzékelni (egyenáramot csak 2 mA körül), az ennél kisebb áramot nem is érzékeljük, az teljesen ártalmatlan.

Érzékelhető áram (2. tartomány). Az érzékelési határ felett fájdalomra és fizikai rosszullétre lehet számítani, ez azonban általában nem okoz fiziológiai elváltozást.

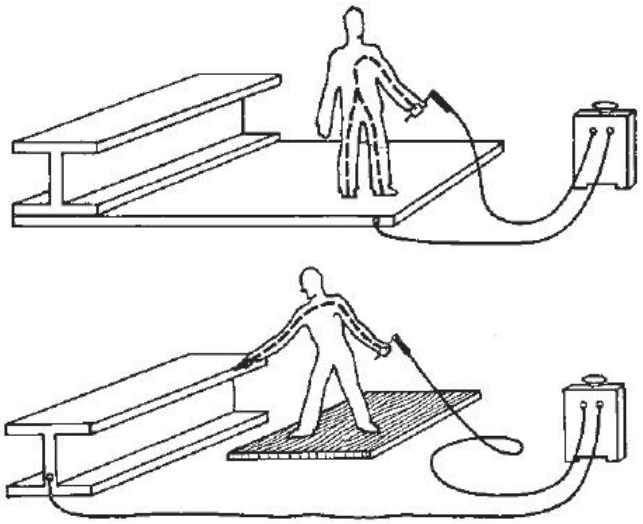
Veszélyes tartomány (3. tartomány). Az elengedési határnál nagyobb áramütés izomgörcsöt okoz, ami azzal jár, hogy az áramütött saját akaratából nem tudja elengedni a feszültség alatt álló, megérintett tárgyat. Nehézzé válik a légzés, különösen, ha az áram 2 sec-nál hosszabb ideig hat. Általában azonban nem keletkezik maradandó károsodás a szövetekben vagy a belső szervekben, ha az áram nem lépi túl a következő küszöbértéket.

Életveszélyes tartomány (4. tartomány). A küszöbérték feletti áramütés esetén a szívkamra fibrillációjával kell számolni.

A következmények nagymértékben függenek az áldozat testi felépítésétől, de attól is, hogy mennyi ideig tart az áramütés. Függ továbbá attól, hogy az áram milyen pályán áramlik a testben, és végül attól, hogy a szívverés ciklusának melyik időpontjában szűnik meg. A szívkamra fibrillációja azzal jár, hogy a szív nem képes vért pumpálni az erekbe. Ebben a tartományban az áramütés, súlyos, életveszélyes állapotot idéz elő (például szívmegállás és szövetek, belső szervek égése).

Az áram neme jelentősen befolyásolja az áramütés hatását: váltakozóáram esetén a kockázat mintegy négyszer akkora, mint egyenáramnál. A váltakozóáram veszélyesebb az egyenáramnál, az emberi test legérzékenyebb a 15...100 Hz frekvenciatartományú áramra.

A szívkamra fibrilláció kockázata függ a testen áthaladó áram útjától, azaz a szíven átfolyó áram nagyságától és időtartamától. A H6.2-2. ábra alapján érzékelhető, hogy a nagyobb kockázatot az ún. „hosszirányú" testáram jelenti.



H6.2-2. ábra. „Hosszirányú" és „keresztirányú" áram kialakulása

Példánk hegesztője az adott helyzetben közvetlen áramütés veszélyének van kitéve. A testkábel csatlakoztatása során (amikor egyik kezében az elektródafogó, másikban a testkábel-csatlakozót tartja) „keresztirányú", a csatlakoztatás után (kezében tartva a feszültség alatti elektródafogót, és az áramforrás másik kapcsához kötött munkadarabon állva) a veszélyesebb „hosszirányú" áram létrejöttének van kitéve.

Olyan munkaterületen, ahol több hegesztő is dolgozik, fennáll a lehetősége annak, hogy egy személy két elektródafogóval is kapcsolatba kerül. Ilyenkor

- az ellenkező polaritásra kapcsolt üresjárási egyenfeszültségek összeadódnak,
- váltakozó feszültség esetén a lehetséges névleges

üresjárási feszültség (a fázisszámtól, csatlakozástól és a szekunder tekercs aktuális kivezetéseinek megválasztásától függően) 1 – 1,7 – 2 – szeres értéke a két elektródafogó között [MSZ EN 60974-9].

4.2. Az áram másodlagos kockázatai

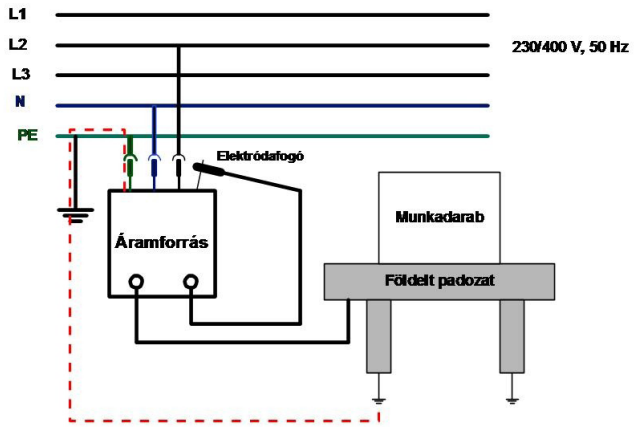
Fizikai sérülés keletkezhet az áramütés közvetett hatása révén is, és ezt még kis áram is okozhatja oly módon, hogy a váratlan áramütés ellenőrizhetetlen reakciót vált ki az elszenvedőtől, és az ennek következtében leeshet például az állványról vagy létráról.

Példánk hegesztőjét ez a veszély is fenyegeti, hiszen a gerendán egyensúlyozva, egy mégoly kicsi, de már az érzékelési küszöbnél nagyobb áram hatására megriadva, elveszítheti egyensúlyát, és lezuhanhat a keskeny gerendáról.

4.3. Kóboráram kockázata

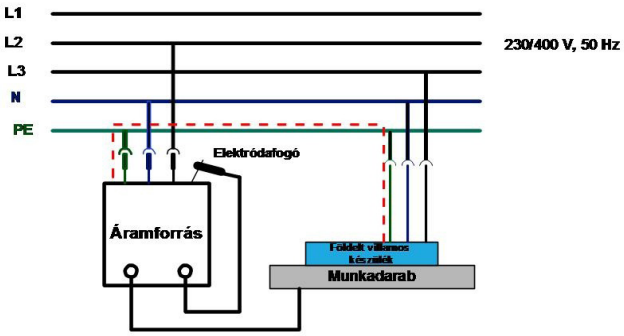
A hegesztőáramkör meggondolatlan kialakulása kóboráramot hozhat létre, amely nem erre a célra szolgáló vezetékekben áramlik.

Különösen veszélyeztettek az érintésvédelmet szolgáló védővezetékek, valamint a fémből készült tartó- és függesztőelemek (pl. emelőkötél).



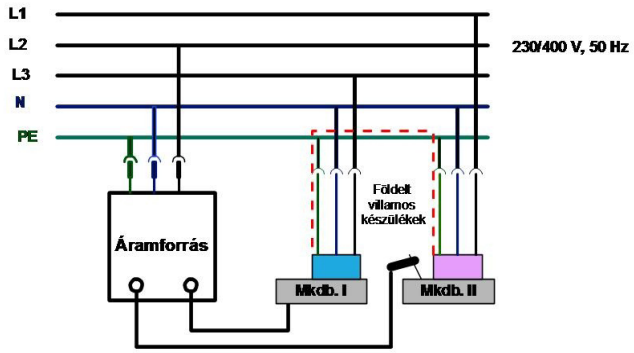
H6.2-3/a ábra. Feszültség alatti elektródafogó érintkezése földelt burkolattal ([1] alapján)

A H6.2-3/a ábrán látható munkadarab földelt padozaton fekszik, és a feszültség alatti elektródafogó (vagy a valamilyen okból feszültség alatti wolframelektróda vagy huzalelektróda) hozzáér az áramforrás földelt fémes burkolatához. Az áramforrás és annak hálózati csatlakozójának védővezetőjén, a földelt padozathoz kapcsolt testkábelen keresztül alakul ki az áramforrás (adott esetben több 100 A nagyságú) zárlati árama, amely a jelölt szakaszon túlterheli az ilyen nagy áramra alkalmatlan védővezetőt. Az áramforrás számára ez nem jelent túlterhelést, ezért a hálózati csatlakozó túláram-védelme nem lép működésbe. A következmény: a védővezető használhatatlanná válik.



H6.2-3/b ábra. Feszültség alatti elektródafogó érintkezése földelt burkolattal ([1] alapján)

A H6.2-3/b ábrán a munkadarab vagy munkaasztal nincs földelve, de I. év. osztályú (tehát földelt) villamos szerszám van rajta, az áramforrás burkolata a védővezetőn keresztül azonos potenciálra kerül a munkadarabbal, így a feszültség alatt lévő elektródafogóval érintkezve, a védővezetőn keresztül alakul ki a hegesztőáramkör, és ez az érintett szakasz tönkremenetelét okozza.



H6.2-3/c ábra. Hegesztőáramkör záródása védővezetőn keresztül ([1] alapján)

A H6.2-3/c ábrán látható, két földeletlen (vagyis egymástól elválasztott, vezetői kapcsolat nélküli) munkadarab közül csak az egyikhez kapcsolódik az áramforrás testkábele. Mindkét munkadarabon I. év. osztályú villamos szerszám (vagy földelt

villamos készülék, pl. motor) van. A testkábel nélküli munkadarabon megkísérelve a hegesztést, a hegesztőáramkör a földelt készülékek védővezetőin keresztül záródik. A következmény: az áramforrás zárlati árama tönkreteszi a készülékek, sőt a hálózat védővezetőjét is.

A kóboráram kialakulása emellett más készülékek működésében is komoly károkat okozhat.

Villamos működtetésű emelőberendezésen vagy tartókészülékben rögzített munkadarab hegesztéskor, illetve ha az emelőberendezés vagy a készülék villamos kapcsolatba kerül a feszültség alatti elektródafogóval a 3/c ábrán vázolt áramvezetés alakulhat ki.

Példánkban is fennáll a (másokat közvetve veszélyeztető) kóboráram kialakulásának lehetősége: ehhez csupán annyi szükséges, hogy (a testkábel csatlakoztatása után) az elektródafogó szigeteletlen eleme hozzáérjen a szerkezethez hozzá nem érő, (a képen nem látható) földelt villamos készülékhez. Miután a szerkezet nagy valószínűséggel föld potenciálon van, az így létrejövő kóboráram a védővezetőn keresztül folyik.

4.4. A villamos áramütés kockázatának becslése

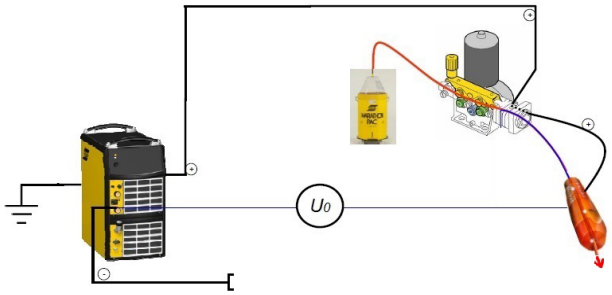
4.4.1. A hegesztő kockázata

Villamos hegesztő berendezés használata során lehetséges az áramforrás mindenkori kapocsfeszültségének *közvetlen* érintése.

Bevont elektródás ívhegesztésre jellemző, hogy az ívgyújtáshoz lényegesen nagyobb feszültség szükséges, mint az ív fenntartásához, ezért az ilyen áramforrások üresjárási feszültsége általában viszonylag nagy, amelyet ezért biztonsági okokból korlátozni kell.

Figyelem! Az olyan, egyszerű wolframelektródás hegesztőgép, amelynek nincs vezérlése (érintéses gyújtás), az elektróda (akárcsak az elektródafogó) üzemszerűen üresjárásban is feszültség alatt van. Ebben a körben a legnagyobb kockázatot a váltakozó áramú áramforrások alkalmazása jelenti.

A vezérléssel ellátott *volframelektródás hegesztő berendezések* áramforrásának kapcsain üzemszerűen csak a hegesztési folyamat bekapcsolása és kikapcsolása között van feszültség. Hibás kezelés (a vezérlő kapcsoló akaratlan vagy illetéktelen működtetése esetén) lehetséges, hogy az elektróda feszültség alá kerül.



H6.2-4. ábra. Huzalelektródás hegesztőgép feszültségviszonyai

Huzalelektródás berendezések vezérlését (gyakorlati okokból) mindig úgy van kialakítva, hogy a huzalelektróda csak a hegesztési folyamat *be- és kikapcsolása közötti időben van feszültség alatt*. A vezérlés akaratlan vagy illetéktelen működtetése azonban könnyen okozhat veszélyhelyzetet. Bekapcsolás esetén (általában) a feszültség alá helyezett huzal adagolása is megindul, ami

- egyrészt azzal a veszéllyel jár, hogy a feszültség alatti huzal megérinthető,
- másrészt a feszültség alatti huzal ellenőrizetlen adagolása védővezetővel védett burkolathoz érve, nagy zárlati áramával működésképtelenné teszi az érintésvédelmet, létrejön a 3/a ábrán bemutatott helyzet (4. ábra).

Egyes hegesztőgépek el vannak látva ún. huzal befűző funkcióval, amely lehetővé teszi a huzal előtolását annak feszültségmentes állapotában, így elkerülhető az a gyakori zavar, hogy a feszültség alatti huzal befűzésekor jön létre a fent részletezett zárlat.

Plazmaíves hegesztő- és vágóberendezések

üresjárási feszültsége (max. 500 V egyenfeszültség) technológiai okokból messze meghaladja a megengedhető értéket (egyenfeszültségre 113 V csúcsérték). Ezért kell az ilyen készülékeket kiegészítő biztonsági reteszeléssel ellátni, amely megakadályozza, hogy (az égő szétszerelésével járó) karbantartás során akaratlan vagy illetéktelen bekapcsolás miatt az áramforrás veszélyes feszültsége megjelenjen.

Ellenállás-hegesztő berendezéseknél az üzemszerűen megérinthető, feszültség alatti részek feszültsége nagyon alacsony. A közvetlen érintés kockázata elhanyagolható, ha az áramforrás üresjárási feszültsége a biztonságos határértéken belül van.

A villamos hegesztőberendezések legnagyobb áramütéssel kapcsolatos kockázatát az adja, hogy egyes jellegzetes meghibásodásai (pl. a transzformátor hálózati feszültségen lévő primer, és a biztonságos, megérinthető feszültségen lévő szekunder tekercse közötti szigetelés megszűnése) miatt az üzemszerűen megérinthető részek (mint a hegesztőáramkör, a gép burkolata stb.) veszélyes feszültség alá kerülnek. A hálózati feszültség (jellemzően 230/400 V, 50 Hz) érintése pedig életveszélyes. Ennek a veszélynek a kockázata a lehető legnagyobb, mert a hegesztő munkavégzés közben kényszerűen nagy valószínűséggel kapcsolatban van ilyen fémes felületekkel (a hegesztőáramkör elemeivel, az elektródafogóval, huzalelektródával, ellenállás-hegesztő szerszámmal stb.).

Villamos hegesztőberendezések *meghibásodása miatt* tehát az üzemszerűen megérinthető részek (a hegesztőáramkör vagy a burkolat) veszélyes feszültség alá kerülhetnek. Ennek megelőzését szolgálja a hibavédelem (régi terminológiával a közvetett érintés elleni védelem).

5. Védelem a kockázatok ellen

5.1. Leesés

Ha védőkorlát vagy jelzőkorlát nem alkalmazható, akkor leesés ellen védő egyéni védőeszköz alkalmazását kell előírni. Előre ki kell jelölni azt a megfelelő teherbírású szerkezetet, amelyhez az egyéni védőeszközt rögzíteni lehet. Az egyéni védőeszköz tartalmazzon testhevederzetet, rögzítő kötélzetet és zuhanásgátlót. A zuhanásgátló feladata, hogy a testre ható fékező erőt elviselhető mértékűre csökkentse.

A magasban lévő munkahely megközelítésére használt támasztólétra kialakításánál fontos, hogy a fokok beékeltek legyenek, rögzítésükhöz huzalszög nem alkalmazható. A támasztólétra felső és alsó része legyen biztosítva elcsúszás, elmozdulás ellen. Arra is ügyelni kell, hogy a létra szárai biztonságosan álljanak a talajon, ne süppedjen be egyik létraszár sem.

5.2. Áramütés

5.2.1. A biztonságos hegesztőgép

A villamos hegesztőgépek sok évtizedes alkalmazása során felhalmozódott tapasztalatok alapján kialakult a tervezéssel, a gyártással és az ellenőrzéssel kapcsolatos követelményrendszer, amelynek alkalmazása kielégíti az áramütés elkerülésére vonatkozó alapvető követelményeket [2].

A nemzeti szabványokban foglalt követelmények kiterjednek

- az ívhegesztő áramforrásokra (MSZ EN 60974-1),
- folyadékos hűtőrendszerekre (MSZ EN 60974-2),
- ívgyújtó és –stabilizáló eszközökre (MSZ EN 60974-3),
- huzalelőtolókra (MSZ EN 60974-5),
- korlátozott bekapcsolási idejű áramforrásokra (MSZ EN 60974-6),
- hegesztő égőkre, pisztolyokra (MSZ EN 60974-7),
- plazmavágó rendszerek gázvezérlésére (MSZ EN 60974-8),

- az elektródafogókra (MSZ EN 60974-11),
- a hegesztőkábelek csatlakozószerelvényeire (MSZ EN 60974-12),
- ellenállás-hegesztő berendezésekre (MSZ EN 62135-1).

Ha a fent felsorolt berendezések és eszközök kielégítik a szabványos követelményeket (és ez hitelt érdemlően igazolt), akkor azok az áramütés szempontjából kielégítik az áramütés elleni biztonság *szükséges feltételeit*. Ez azonban *nem elégséges* az áramütés kockázatának elfogadható szintre csökkentéséhez a hegesztői munkahelyen, mert ahhoz a hegesztőberendezés létesítésére vonatkozó feltételeknek is teljesülnie kell.

Figyelem! Az ívhegesztő áramforrások biztonsági követelményeit tartalmazó szabvány [MSZ EN 60974-1] a „fokozottan áramütés-veszélyes" környezetben használt berendezések számára szigorúbb követelményeket támaszt. Az ilyen áramforrásokat „S" jelöléssel látják el. A szabvány megfogalmazása szerint ezek „olyan környezetek, ahol az ívhegesztés során az áramütés veszélye nagyobb a szokásos ívhegesztési feltételekhez képest".

Fokozottan áramütés-veszélyesnek kell tekinteni a példánkban szereplő feladat végrehajtását is, mert a hegesztő a munkavégzés során folyamatosan kapcsolatban van a hegesztőáramot vezető szerkezettel. Ehhez a feladathoz tehát biztonsági (S jelzésű) áramforrást kell használni a közvetlen áramütés kockázatának csökkentése érdekében.

Az ívhegesztő áramforrások üresjárási feszültségének korlátozása a legkézenfekvőbb biztonsági követelmény. A vonatkozó szabvány [MSZ EN 60974-1] tartalmazza ezeket az értékeket általános és fokozottan áramütés-veszélyes környezetre.

Egyes ívhegesztő-áramforrásokat ún. feszültségcsökkentő szerkezettel látnak el, amely az üresjárási feszültséget önműködően megváltoztatja, amikor nincs hegesztés:

- ez történhet egy biztonságosnak tekintett szint alá (SELV → „biztonsági törpefeszültség") csökkentéssel, ez az ún. „csökkentett üresjárási feszültség", vagy
- a váltakozóáramú áramforrás kimenetének átkapcsolását egyenfeszültségre, ez az ún. „kapcsolt üresjárási feszültség".

Az üresjárási feszültség biztonságot szolgáló csökkentésének vagy átkapcsolásának megoldására és ellenőrzésére vonatkozó követelményeket a [MSZ EN 60974-1] szabvány tartalmazza. E biztonsági funkció működését az áramforrásnak jeleznie kell (például a csökkentett üresjárási feszültségű állapotot jelző lámpa fényével).

Feszültségcsökkentő szerkezet alkalmazása akkor indokolt, ha a hegesztő védőöltözetének átnedvesedése miatt megnő az áramütés veszélye fokozottan áramütés-veszélyes környezetben.

Megjegyzés. Gyakori félreértés az, hogy az áramütés elleni védekezés számára elegendő, ha a vonatkozó szabványoknak megfelelő, CE jelölésű eszközöket használnak a hegesztő berendezés létesítéséhez. A létesítésnek azonban további kockázatai vannak, amelyeknek kezelése csak a létesítési szabályok betartásával lehetséges.

5.2.2. A hegesztő berendezés létesítése

A hegesztő berendezés létesítése magában foglalja

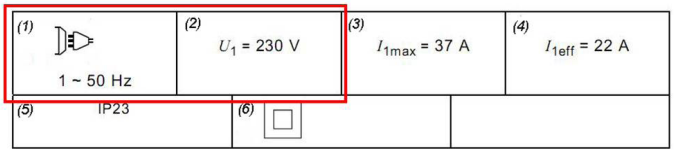
- a berendezés csatlakoztatását a tápellátáshoz (villamos hálózathoz vagy attól független generátorhoz), illetve
- a hegesztőáramkör kialakítását.

5.2.2.1. Csatlakozás a tápellátáshoz

Villamos tápellátáshoz csatlakoztatott fogyasztókészülékek tápcsatlakozóinak létesítése egyrészt biztonsági (áramütés elleni védelem), másrészt tűzvédelmi- és hálózatvédelmi okokból szigorúan szabályozott terület.

A hegesztő áramforrás tápellátása számára – elvileg – ideális az a villamos hálózat, amelynek teljesítménye végtelen nagy, azaz a tápfeszültség értéke a terhelő áramtól függetlenül, azonos értékű. A tápcsatlakozó terhelhetőségét azonban – technikai okokból, mert az ellátó vezeték és a tápkábel terhelhetőségére is figyelemmel kell lenni – az áramforrás teljesítményéhez kell illeszteni.

A hegesztőgép fázisszámát és csatlakozási feszültségét a névleges adatokat tartalmazó (szabványos) adattábla (H6.2-5. ábra) alapján lehet megállapítani.



H6.2-5. ábra. Csatlakozási adatok az áramforrás adattábláján (1-2)

A tápcsatlakozás típusa (1)

- a csatlakoztatott fázisok száma (1 vagy 3),
- az alkalmazott tápfeszültség frekvenciája (50 Hz)

A tápfeszültség névleges értéke, U_1 (2)

- egyfeszültségű, egyfázisú csatlakozás esetén (Európában) 230V;
- háromfázisú csatlakozás esetén (Európában) 400V;
- többfeszültségű áramforrás esetén (amelynél az áramforrás kialakítása lehetővé teszi többféle tápfeszültség csatlakoztatását) valamennyi, használható feszültséget feltüntetik.

A dugvilla csatlakozóinak bekötése az áramforrás fázisszámától, feszültségétől, érintésvédelmi osztályától függ (H6.2-1. táblázat).

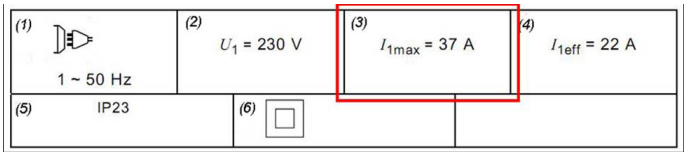
A villamos hálózatok ún. szelektív **túláram-védelme** számára olvadóbiztosítót vagy kismegszakítót kell használni. Célja, hogy valamennyi leágazás külön-külön védett legyen, így hiba esetén csak a hibás fogyasztót vagy azok egy kisebb csoportját kapcsolja le a hálózatról.

H6.2-1. táblázat. Hálózati csatlakozások

Fáziszám	*Feszültség*	*ÉV. oszt.*	*Csatlakozások*
1	*230 V*	*I.*	*L1, N, PE*
1	*230 V*	*II.*	*L1, N **
1	*400 V*	*I.*	*L1, L,2, PE*
1	*230/400 V átkapcsolható*	*II.*	*L1, L2, N**
1	*230/400 V átkapcsolható*	*I.*	*N, L1, L2, L3, PE*
1	*400 V*	*II.*	*L1, L2, 3*

*** PE vezető csatlakoztatása is szükséges lehet földelt EMC szűrő esetén.*

A túláram-védelem megválasztásához szükséges névleges áramot a gép adattáblája (H6.2-6. ábra) alapján kell megválasztani, figyelemmel a védelem jellegére vonatkozó gyártói előírásra (ez gépkönyvi adat).



H6.2-6. ábra. Csatlakozási adatok az áramforrás adattábláján (3)

A névleges, legnagyobb felvett áram: I_{1max} (3)a gyártó által megadott, a hegesztő-áramforrás megengedett, legnagyobb teljesítményű munkapontjához tartozó felvett (primer) áram, amely tehát az áramforrás hatásfokát és teljesítménytényezőjét is figyelembe veszi.

A hegesztő-áramforrás be- és kimeneti teljesítményének azonossága:

$$U_1 I_{1max} = \frac{I_{2max} U_{2e}}{\eta \lambda}$$

melyből:

$$I_{1max} = \frac{U_{2e} I_{2max}}{U_1 \eta \lambda}$$

ahol

U_1 tápfeszültség [Veff]

I_{1max} legnagyobb felvett áram [A]

I_{2max} a legnagyobb hegesztőáram (A)

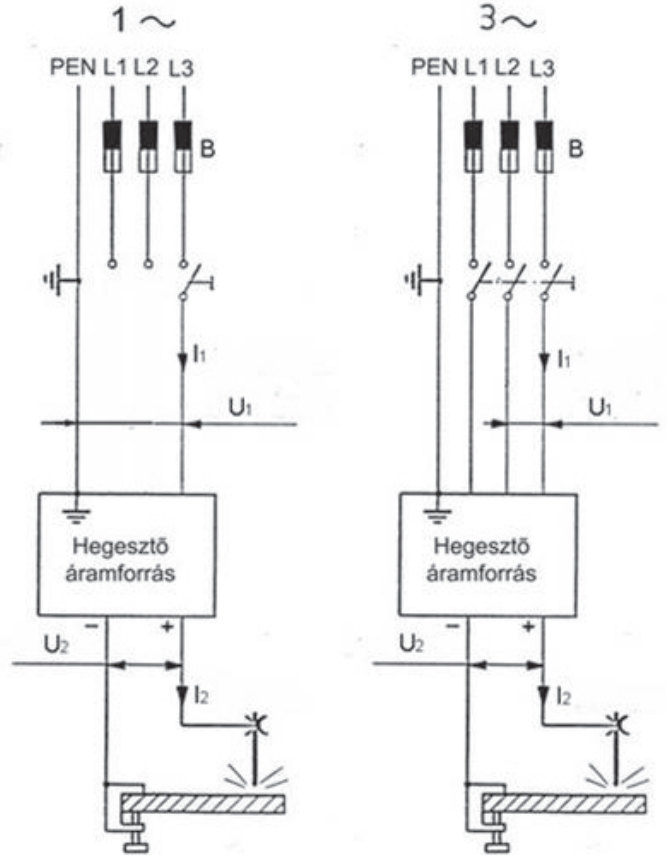
U_{2e} egyezményes munkafeszültség I_{2max}-nál [$V_{átl}$]

η hatásfok (I_{2max}-nál)

λ teljesítménytényező (I_{2max}-nál)

Értelemszerűen a tápfeszültség névleges értékének (U_1) és a legnagyobb felvett áramnak (I_{1max}) a szorzata az áramforrás legnagyobb felvett teljesítményét adja (VA-ben).

Jellegzetes egy- és háromfázisú tápcsatlakozás vázlatát mutatja a H6.2-7. ábra.



H9-2-7. ábr. Egy- és háromfázisú hegesztőgép csatlakoztatása a tápellátáshoz

Az egyfázisú csatlakozás árama:

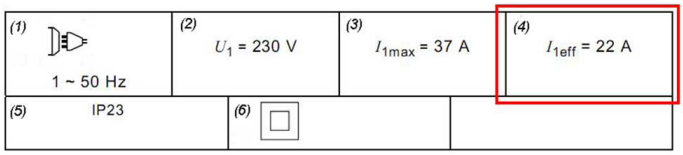
$I_1 = \frac{U_2 I_2}{U_1 \eta \lambda}$ teljesítménye: $P_1^1 = U_1 I_1 = \frac{I_2 U_2}{\eta \lambda}$

A háromfázisú csatlakozás (fázis) árama:

$I_1 = \frac{U_2 I_2}{\sqrt{3} U_1 \eta \lambda}$ teljesítménye: $P_1^3 = \sqrt{3} U_1 I_1 = \frac{I_2 U_2}{\eta \lambda}$

A számításhoz szükséges, gépre jellemző adatok, mint a hatásfok (η) és teljesítménytényező (λ) a gépkönyvben megtalálhatók.

Az olvadó biztosíték vagy kismegszakító megválasztásához azonban szükség van az áramforrás ún. legnagyobb tényleges (effektív) értékére (I_{1eff}) is, amelyet szintén az adattáblán találunk (H6.2-8. ábra).



H6.2-8 ábra. Csatlakozási adatok az áramforráok adattábáján (4)

Az Az adattáblán megadott I_{1eff} a legnagyobb felvett áramhoz (I_{1max}) tartozó bekapcsolási tényező (X) és az üresjárásban felvett áram (I_0) figyelembe vételével számított tényleges áramérték:

$$I_{1eff} = \sqrt{I_{1max}^2 * X + I_0^2 (1 - X)}$$

Ezért érvényes:

$$I_{1max} \geq I_{1eff}$$

A túláram-védelem feladatai:

- a túlterhelés elleni védelem, vagyis annak megakadályozása, hogy az ellátó vezetékekben, (különösen) a készülék tápkábelében, valamint a készülékekben nagyobb áram keletkezzen, mint amire méretezve vannak,
- a zárlatvédelem, vagyis a tápcsatlakozás kábeleiben vagy a táplált készülékben bekövetkezett zárlat okozta ellenőrizetlenül nagy áram kialakulásának megakadályozása és

- az hibavédelem (I. érintésvédelmi osztályú készülékek esetén), vagyis a megérinthető részek testzárlata esetén fellépő zárlati áram érzékelése esetén a tápfeszültség azonnali megszakítása.

A hegesztő-áramforrások túláram-védelmét (amely egyben a tápkábel védelmét is szolgálja) az I1eff alapján kell megválasztani. Az alkalmazott túláramvédő eszköz névleges árama legalább

$I_n \geq I_{1eff}$

Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy az I_{1eff} értékhez legközelebb eső, szabványos névleges áramú eszközt kell választani.

Nagyobb névleges áramú készülék esetén nem valósul meg a készülék és a hálózati tápkábelének túlterhelésvédelme (!). Túlméretezett biztosíték (az áramforrás meghibásodása vagy túlterhelése miatt) az I_{1eff}-nél tartósan nagyobb áramot enged, ami a hálózati kábel meg nem engedett melegedéséhez, szigetelésének sérüléséhez, ez pedig az áramütés kockázatának drasztikus növekedéséhez vezet.

A túláram-védelem megfelelő működése (vagyis, hogy csak akkor működjön, ha kell) érdekében szükséges a túláram dinamikájához illesztett eszköz alkalmazása. Megfontolandó ugyanakkor, hogy a hegesztőgép (átmenetileg, a bekapcsolási tényezővel meghatározott ideig) az I_{1eff}–nél nagyobb (legfeljebb I_{1max}) áramot is felvehet, ezért olyan eszközt kell választani, amely ezt még „megszólalás" nélkül bírja.

Az *olvadó biztosíték*ok közül erre a célra a dinamikus áramlökésekre nem reagáló, ún. *lomha* biztosítékot alkalmazzák. Olvadó biztosítékokat névleges áramuk (I_n – az legnagyobb áram, amelyet kioldás nélkül, tartósan vezet) és kiolvadási sebességük (gyors, lomha és késleltetett) alapján választunk.

Az *áramköri kismegszakítók* mágneses elven működnek, az áramköri árammal terhelt elektromágneses tekercs által működtetett kioldó mechanizmus akkor működik, ha az áram nagyobb a névleges áramnál (I_n). A kismegszakítók érzékenységét az azonnali megszólalási árammal jellemzik, és betűkóddal adják meg. (Pl. a hegesztő-áramforrásokhoz leggyakrabban használt „C" típusú készülékek 100ms-nál rövidebb idő alatt, késleltetés nélkül lépnek működésbe legalább a $5*I_n$ áramnál).

A hegesztő-áramforráshoz használandó túláram-védelem jellemzőit (névleges áram és típus) a gyártónak a gép dokumentációjában kell megadnia. Ugyanitt kell rögzíteni az áramforrás teljesítményéhez illesztett tápkábel keresztmetszetét.

Méretezés

- A biztosítékot vagy kismegszakítót (az ún. vezetékvédő megszakítót) az I_{1eff} értékére kell méretezni: $I_n \geq I_{1eff}$
- A megszakító működését késleltetni kell, mert az In-nél nagyobb áram is folyhat:
  - bekapcsoláskor (nagyon rövid ideig),
  - *100%-nál kisebb* bekapcsolási tényezőhöz tartozó terhelés mellett.

Olvadó biztosító (szabványos nevén kisfeszültségű biztosító, MSZ EN 60269-1: 16 A és annál kisebb terhelésekhez ma már ritkán használják, nagyobb teljesítményű csatlakozások védelmére azonban ún. késes biztosítékok a szokásosak.

Példa a vezetékvédő kapcsoló megválasztására egyfázisú, 230V tápfeszültségű inverter (ESAB Caddy®Arc 201i) áramforrás csatlakoztatásához szükséges biztosító/kismegszakító megválasztására.

$I_{1max} = 24,9$ A

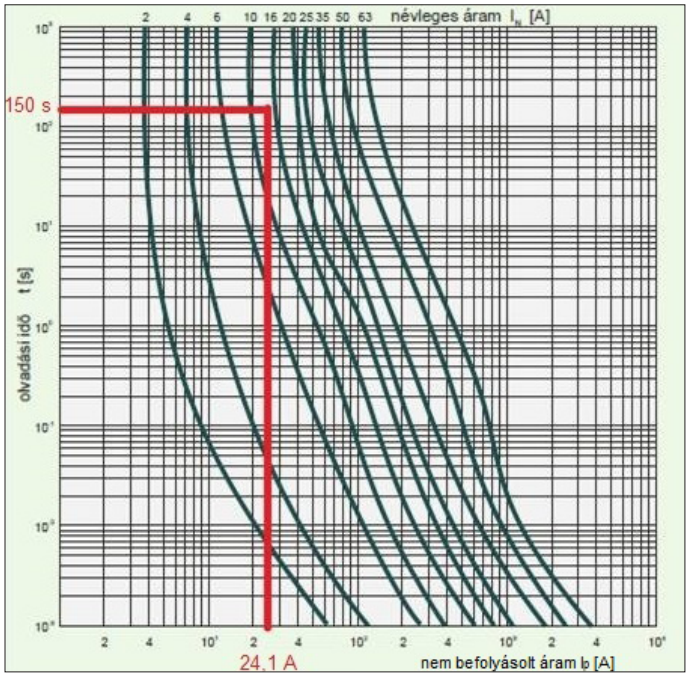
Az adattábláról @ MMA 170A/26,8V, 25% bekapcsolási tényező (bi).,

Az ehhez a terhelési állapothoz tartozó, 25%-os bekapcsolási tényező és a 0,13 A üresjárási áramfelvétel számításba vételével a névleges effektív áram:

$$I_{1eff} = \sqrt{(24,9^2 0,25 + 0,13^2 0,75} = 12,45 \text{ A}$$

Ehhez olyan biztosítékra vagy kismegszakítóra van szükség, amely a **24,1 A**-t 0,25*10min = 2,5 min = **150 s** ideig tartani tudja. A gépkönyv 16 A-os lomha (gG) olvadó biztosítékot, vagy C besorolású kismegszakítót ír elő. Ellenőrizzük (l. a H6.2-9. ábrán)!



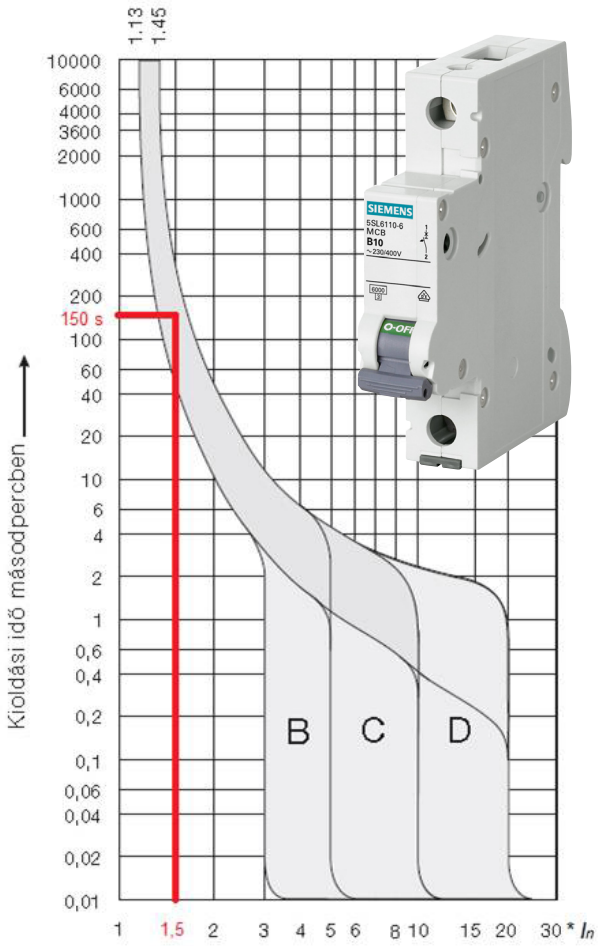


H6.2-9. ábra.„Lomha”olvadó biztosító kioldási jelleggörbéje (I_p → csúcsáram, t → kiolvadási idő). Piros vonal jelöli a példa értékeit:16 A –os lomha (gG) biztosító 150 sec-ig tartja a 24,1 A terhelést.

Kismegszakító (szabványos nevén túláram-védelmi megszakító, MSZ EN 60878-1) különösen 16 A és kisebb terhelhetőségű csatlakozások védelmére használják.

Az érzékenység szabványos besorolása: B → 3…5 In, C → 5…10 I_n, D → 10…20 I_n.

Példánkban $I_{1eff}/I_n = 24,1/16 \sim 1,5$ (l. a H6.2-10. ábrát).



H6.2-10. ábra. Kismegszakítók kioldási jelleggörbéi. Piros vonal jelöli a példa értékeit:16 A –os C besorolású megszakító 150 sec-ig tartja a 24,1 A terhelést.

A tápkábel hossza

A tápkábelek legkisebb keresztmetszetét a készülék gépkönyvében kell megtalálni. Ennek hiányában a létesítés során az MSZ EN 60204-1 alapján kell eljárni. A szabvány megköveteli, hogy a vezeték keresztmetszetét a szükséges mértékben meg kell növelni, ha (pl. a kábel nagyobb hossza miatt) a névleges terhelés (I_{1eff}) mellett 5%-nál nagyobb feszültségesés jön létre.

Figyelem! A hegesztőgép-gyártók gyakran reklámozzák korszerű áramforrásaikat, hogy azok akár 100 m (vagy még hosszabb) tápkábellel is használhatók. Ez a kijelentés arra vonatkozik, hogy az áramforrás meg tudja tartani kimenő teljesítményét akkor is, ha a tápkábelen jelentős feszültségesés jön létre. Ez azonban nem írja felül a fenti szabályt! Gondoljuk meg!

Ha az áramforrás kimenő teljesítménye kisebb tápfeszültség mellett is fenntartható, az csak úgy lehetséges, hogy a felvett áram (az I1eff) nagyobb, mint amire a kábelt méreteztük, a kábelt túlterheljük. Hosszabbító kábelt tehát úgy kell méretezni, hogy az effektív áram mellett ne legyen nagyobb a feszültségesés 5%-nál.

2.5.2.2. Hegesztőáramkör létesítése

Hegesztőáramkör létesítése során a következő követelményeknek kell teljesülni (MSZ EN 60974-9):

- a hegesztőáramkör teljes egészében legyen elválasztva a tápellátástól;
- több áramforrás egyidejű alkalmazása során gondoskodni kell arról, hogy a különböző potenciálon lévő szerszámok (elektródafogók, pisztolyok stb.) ne legyenek egyszerre megérinthetők;
- a hegesztőáram vezetésére megfelelően méretezett, gumiszigetelésű kábelt [MSZ 144-16] kell használni;
- a hegesztett munkadarab (vagy szerkezet) a vonatkozó szabvány [MSZ EN 60974-9] követelményeinek megfelelően használható a hegesztőáram vezetésére;
- a hegesztett munkadarabot csak kivételesen (műszaki, pl. zavarszűrési okokból) ajánlott földelni, és akkor is csak önálló, a védőföldeléstől elválasztott, és a lehetséges legnagyobb hegesztőáram vezetésére alkalmas kábellel összekötött földelő szondával;
- annak elkerülése érdekében, hogy a védőföldeléssel ellátott villamos szerszámmal érintkezve kerüljön villamos kapcsolatba a hegesztőáramkör és a védővezető hálózat, az ilyen munkakörnyezetben II. év. osztályú készülékeket kell alkalmazni.

5.2.3. A villamos hegesztő munkahelyek biztonságának ellenőrzése

5.2.3.1. A munkaeszközök megfelelőségnek ellenőrzése

Az áramütés kockázata csökkentésének *szükséges feltétele* a hegesztő berendezéshez használt munkaeszközök (áramforrás és annak tartozékai, hegesztőkábel, hegesztőkábel-csatlakozók és elektródafogó, illetve hegesztő égő) *biztonságos kialakítása és állapota*.

Az előbbiről a munkaeszközök minőségét tanúsító bizonylatok alapján lehet meggyőződni, míg az utóbbiról a munkaeszközök időszakos biztonsági felülvizsgálata során.

Egyes, ívhegesztéshez használt munkaeszközök (pl. áramforrás) biztonságos működésének ellenőrzése különleges felkészültséget (szakértelmet és vizsgálati eszközöket) igényel, ezért a vonatkozó biztonsági szabályzat [8] ezek *biztonságos működésének időszakos biztonsági felülvizsgálatát* is megköveteli, meghatározva annak minimális gyakoriságát és elvégzésnek személyi feltételeit.

5.2.3.2. A létesítés megfelelőségének ellenőrzése

Az áramütés kockázatának csökkentése számára *elégséges feltétel a hegesztőberendezés létesítésének ellenőrzése*. Ennek ki kell terjednie:

- a hálózati tápellátásra, ezen belül különösen
  - a hegesztőgép táplálásához szükséges fázisszámot és feszültséget, valamint az érintésvédelmi módnak megfelelő csatlakozást biztosító tápellátásra,
  - a tápcsatlakozóról történő leválasztására szolgáló túláram-védelemre, illetve adott esetben az érintésvédelmet szolgáló áramvédő kapcsolóra (AVK),
  - az áramforrást a csatlakozóval összekötő hálózati kábel állapotára, vezetésére és csatlakozására;
- a hegesztőáramkörre, ezen belül

– a hegesztő- és testkábelre, különösen ezeknek a hegesztőáramnak megfelelő keresztmetszetére (figyelemmel a kábel hosszára) és szigetelésére,

– a hegesztő- és testkábel vég- és toldó csatlakozóira,

– az elektródafogó szigetelésére és elhelyezésére,

– (wolfram- és huzalelektródás gépek esetén) az elektródák feszültségmentességére üresjárásban,

– a hegesztőáramkör részét képező szerkezetek földelésének ellenőrzésére.

A létesítés szerinti ellenőrzést egyes esetekben magának a hegesztőnek kell tudnia elvégezni, amennyiben *nem helyhez kötött* felszerelését (pl. a tápkábellel felszerelt áramforrást, a kimenő oldalhoz csatlakozó hegesztő- és testkábelt) alkalmi munkavégzéshez kell használatba vennie. Ezért nagyon fontos, hogy rendelkezzen a használatba vett munkaeszközre és a létesítés alapvető szabályaira vonatkozó lényeges ismeretekkel.

6. Megelőző intézkedések

A példaként felhozott feladat végrehajtása során felmerülő áramütés-veszély kockázatának csökkentése érdekében

- „S" jelzésű, fokozottan áramütés-veszélyes környezetre alkalmas, biztonsági- és lehetőleg egyenáramú áramforrást kell választani;
- párás környezetben történő, tartós hegesztés esetén, indokolt lehet olyan áramforrás alkalmazása, amely rendelkezik feszültségcsökkentő szerkezettel, ezáltal a megérinthető feszültség a biztonságos szint alatt tartható;
- az áramforrás tápcsatlakozója legyen felszerelve áramvédő kapcsolóval (AVK);
- csak kifogástalan szigetelésű hegesztő- és testkábelt szabad használni, ezek toldó csatlakozóját is beleértve;
- a hegesztőnek száraz védőöltözetet kell viselnie;
- ellenőrizni kell, hogy, nem hever-e I. év. osztályú (földelt) eszköz a hegesztendő tartón;
- az áramforráshoz kapcsolt testkábelt csatlakoztatását fémtiszta felülethez, gondosan kell csatlakoztatni.

7. Összefoglalás

Villamos hegesztőberendezések alkalmazása esetén az áramütés kockázatával mindig kell számolni, mert a munkavégzés során a hegesztő szükségszerűen (de különböző módokon) érintkezik a hegesztőáramkör feszültség alatti részeivel. Az áramütés kockázatának csökkentését szolgáló

- szükséges intézkedés a hegesztőberendezés részét képező valamennyi eszköz,
- elégséges intézkedés pedig a hegesztő berendezés létesítése megfelelőségének ellenőrzése.

8. Irodalom

Jogszabályok:

[2] 79/1997. (XII. 31.) IKIM rendelet az egyes villamossági termékek biztonsági követelményeiről és az azoknak való megfelelőség értékeléséről

[8] 143/2004. (XII. 22.) GKM rendelet a Hegesztési Biztonsági Szabályzat kiadásáról

A felsorolás a 2012. december 31.-i állapotot tükrözi, a hatályos jogszabályokról tájékozódhat például a http://net.jogtar.hu/ honlapon.

Szabványok:

MSZ EN 60204-1:2010 Gépi berendezések biztonsága. Gépek villamos szerkezetei. 1. rész: Általános

előírások (IEC 60204-1:2005, módosítva)

IEC 60245-6:1994 Rubber insulated cables – Rated voltages up to and including 450/750 V – Part 6: Arc welding electrode cables

MSZ EN 60974-1:2006 Ívhegesztő berendezések. 1. rész: Hegesztő-áramforrások (IEC 60974-1:2005)

MSZ EN 60974-9:2010 Ívhegesztő berendezések. 9. rész: Létesítés és üzemeltetés (IEC 60974-9:2010)

A felsorolás a 2012. december 31.-i állapotot tükrözi, az érvényes szabványokról tájékozódhat például az http://www.mszt.hu honlapon.

Szakirodalom:

[1] BGI 553 Lichtbogenschweisser. Ausgabe 2008. Vereinigung der Metall-Berufsgenossenschaften

A kiadványt a Gépipari Tudományos Egyesület, Hegesztési Szakosztály, Hegesztés Munkavédelme Szakbizottság készítette, a Nemzeti Munkaügyi Hivatal támogatásával, a munkavédelmi jellegű bírságok felhasználására kiírt pályázat keretében.

Gépipari Tudományos Egyesület
www.gteportal.hu

Budapest, 2013. április