

A HEGESZTÉSTECHNIKA FEJLŐDÉSE A SZOVJETUNIÓBAN

ROMVÁRI PÁL

A MŰSZAKI TUDOMÁNYOK KANDIDÁTUSA
NEHÉZIPARI MŰSZAKI EGYETEM, MISKOLC

[Beérkezett 1967. október 3-án]

E tanulmány a Nagy Októberi Szocialista Forradalom 50. évfordulója alkalmából azzal a céllal készült, hogy rövid áttekintésben bemutassa az egyik legfiatalabb és nagy jövő előtt álló technológiai ágazatnak, a hegesztésnek a létrejöttét és rohamos fejlődését a Szovjetunióban, továbbá ezzel párhuzamosan a hegesztés egyetemes fejlődését. A szerző a történelmi hűség kedvéért vázlatosan ismerteti a hegesztés helyzetét a XIX. század második felében és a XX. század elején. Részletesebben tárgyalja a korszerű hegesztéstechnika műszaki, gazdasági és személyi feltételeinek megteremtését a szovjethatalom kezdetén, valamint az első népgazdasági tervek évei alatt. Végül vázlatosan összefoglalja a szovjet tudósok és mérnökök tevékenységének jelentőségét a hegesztés egyetemes fejlődésében.

I. Bevezetés

Az elmúlt 50 év társadalmi, politikai és gazdasági fejlődésében kiemelkedő jelentősége volt a Nagy Októberi Szocialista Forradalomnak, a Szovjetunió létrejöttének. A szovjetek a párt irányításával Európa egyik legelmaradottabb országából, a cári Oroszországból egy társadalmi rendszerében élenjáró, iparilag fejlett országot teremtettek.

Az iparnak abban a rohamos fejlődésében, amelynek révén a Szovjetunió az ipar fejlettsége és az ipari termelés mennyisége tekintetében Európában az első, a világon pedig az Amerikai Egyesült Államok után a második helyre került, elvitathatatlan érdemei voltak a népgazdasági terveknek, amelyek biztosították a szovjet gazdaság nélkülözhetetlen ágazatainak folyamatos és arányos fejlődését. Az ipari ágazatok és ezen belül az egyes technológiák fejlődési ütemét e terveknek megfelelően a népgazdasági érdek és a gazdaságosság együttesen határozta meg.

A hegesztéstechnika fejlődése a szovjethatalom évei alatt szintén az említett általános elvek érvényesülése útján valósult meg, de az ipar átlagos fejlődési ütemét is meghaladó elterjedését alapvetően két tényező határozta meg:

Az orosz tudósoknak és mérnököknek az ív- és az ellenálláshegesztés elvi lehetőségének felfedezésében és gyakorlati alkalmazása irányában kifejtett, világviszonylatban elismerést nyert tevékenysége; és

a hegesztés elterjedéséig használatos szegecskötéshez képest kezdetben csupán a nagyobb termelékenység és az olcsóbb előállítás, később pedig a gazdasági előnyökkel párosult kötés megbízhatóság.

II. A hegesztés helyzete a cári Oroszországban

Oroszország az iparilag gyengén fejlett mezőgazdasági országok közé tartozott, az iparilag fejlett országoktól — az Amerikai Egyesült Államoktól, Angliától, Franciaországtól, Németországtól és Japántól — messze elmaradt. A hegesztés tekintetében az elmaradás nem lehetett számottevő, mivel a XIX. század végéig az iparilag fejlett országokban is csaknem kizárólag a tüzi kovácshegesztést és a vízgáz-hegesztést alkalmazták. A korszerű hegesztő eljárások felfedezése után az ipari termelés mennyiségéből és szintjéből adódó eltérés e területen is egyre inkább érezhetővé vált. Az ipar elmaradottsága ellenére a korszerű hegesztőeljárások felfedezésében és kidolgozásában az orosz tudósoknak és mérnököknek elvitatathatatlan érdemük volt [1].

A hegesztéstechnikában vezető helyet elfoglaló villamos ívhegesztés elvi alapjául szolgáló villamos ívet PETROV, V. V. orosz akadémikus 1802-ben fedezte fel. Bár PETROV akadémikus munkáiban kifejtette a villamos ív alkalmazhatóságának lehetőségét fémek olvasztására, ennek gyakorlati felhasználására csak a villamosság szélesebb körű elterjedése után kerülhetett sor.

A villamos áramot fémek megolvasztására, ill. hegesztett kötés kialakítására a világon elsőként BENARDOSZ N. N. orosz mérnök alkalmazta 1882-ben. BENARDOSZ kísérletei és szabadalma kiterjedt az ívhegesztésre és az ellenálláshegesztésre egyaránt. Az ívkeltéshez BENARDOSZ szénelektrodát alkalmazott és főleg öntvények vagy törött, kopott alkatrészek javítóhegesztésére használt eljárásnál külön töltőanyagot adagolt. A ponthegesztett kötések lemezek szintén szénelektrodák között készítette [2].

A napjainkban leginkább használatos leolvadó elektródos hegesztés kidolgozása SZLAVJANOV, N. G. orosz mérnök nevéhez fűződik (1888). BENARDOSZ és SZLAVJANOV számos, a korszerű hegesztő eljárásoknál is alkalmazott technikai fogást javasolt és dolgozott ki a varrat minőségének javítására, a termelékenység növelésére. Így többek között a hegfürdő védelmére törött üvegszemcsés fedőport használtak, a varratfém dezoxidálására pedig ferromangánt, ill. ferroszilíciumot alkalmaztak. A hegesztés gépesítésére SZLAVJANOV elkészítette az első automatikus működésű hegesztőfejet [3].

E korszakalkotó felfedezések nyújtotta lehetőségeket az orosz ipar elmaradottsága miatt kihasználni nem igen tudta. A fejlett villamos iparral rendelkező országok viszont az orosz szabadalmak megvásárlásával kezdik el egyre szélesebb körben alkalmazni az ívhegesztést.

A bonyolult egyenáramú gépet, vagy a későbbiekben különleges transzformátort igénylő ívhegesztés kezdeti gyors elterjedését lefékezte az 1900-as évek elején LE CHATELIER francia kutató által kidolgozott acetilén—oxigén gázkeverék égéshőjét hasznosító lánghegesztés, amely ez idő tájt egyszerűbb berendezéssel megbízhatóbb kötés kialakítását tette lehetővé [4].

Az 1888-ban TOMPSON (Amerikai Egyesült Államok) által kidolgozott zömítő tompahegesztés, majd a német mérnök-kollektíva által 1903-ban továbbfejlesztett leolvasztó tompahegesztés Oroszországban az ívhegesztéshez hasonlóan villamosenergia és hegesztő berendezés hiányában nem terjedhetett el.

Az elmondottakból következik, hogy bár az orosz tudósok és mérnökök a korszerű hegesztés megteremtésében kiemelkedő szerepet játszottak, felfedezéseik és kutatásaik eredményét népük felemelkedésére az ipar elmaradottsága miatt nem hasznosíthatták.

III. A hegesztéstechnika fejlődése a két világháború között

1. A hegesztés helyzete 1928–1938 között

A hegesztés fejlődését a szovjethatalom kezdeti szakaszában a cári Oroszországtól örökölt és az előzőekben részletezett objektív nehézségek gátolták, amelyek az első világháború, a polgárháború és a nemzetközi intervenció okozta károkkal tovább növekedtek.

Az iparilag fejlett országokban KJELLBERG svéd mérnök szabadalma (1907) alapján az egyre tökéletesebb bevontatú elektródák kidolgozásával a kézi ívhegesztés igen gyors fejlődésnek indult és elkezdte a széles körben alkalmazott oxiacetilén lánghegesztést visszaszorítani.

Az első meggyőző példát az amerikai hajóipar szolgáltatta azáltal, hogy a németektől zsákmányolt, robbantással megrongált hajók kijavítására kézi ívhegesztést alkalmazva, a hagyományos szegecselési technológiával 2 évre tervezett munkát 5,5 hónap alatt készítette el. Az ívhegesztés létjogosultságát kívánta demonstrálni az 1920-as évek közepén a *Westinghouse* cég egy négyemeletes (67 m hosszú, 21 m széles és 24 m magas) üzemi épület vasszerkezetének hegesztett kivitelben való elkészítésével is, valamint azzal, hogy az új technológia révén 65 Mp-dal kisebb acélfelhasználással oldotta meg a feladatot. Ezzel egyidejűleg került alkalmazásra a bevont-elektrodos kézi ívhegesztés csővezetékek, tartók és hídelemek, kisebb méretű hajók hegesztésénél, majd a *General Electric Co.* a legnagyobb teljesítményű víz- és gőzturbinák álló- és forgórészeinek sorozatgyártásánál használja fel teljes sikerrel a kézi ívhegesztést.

A Szovjetunió ugyanezen időszakban kénytelen a háborúk okozta károk felszámolásán, a népgazdaság helyreállításán dolgozni. Bár a különböző iparágak egyre sürgetőbben igénylik az ívhegesztő berendezéseket, a bevont elektródákat, a lánghegesztéshez szükséges karbidot és oxigént, a népgazdaság importlehetőségei azonban ebben az időszakban még igen szerények, a szükségletek hazai kielégítésére pedig a feltételek még nem értek meg [1].

A szovjet üzemek egy része — megismerve a hegesztés gazdasági és műszaki előnyeit és látva a korlátozott import lehetőségeket — saját használatra üzemben belül készítettett hegesztő dinamókat vagy a svéd *Weck* cég tapasztalatai alapján hegesztő transzformátorokat, ill. vékonybevonatú elektródokat. A hegesztés minősége a mostoha feltételek mellett csak a minimális igényeket elégíthette ki.

Az iparágak vezetői, meggyőződve a hegesztésben rejlő lehetőségekről és megismerve az iparban jelentkező nehézségeket, meghozták első intézkedéseiket a szakemberképzés, a hegesztőgép és a hegesztőanyagok gyártásának megszervezésére.

A hegesztő szakmunkások egységes program szerinti képzése az 1920-as évek második felében indul meg HRENOV, K. K. akadémikus által összeállított tanmenetnek megfelelően. Ez tekintetbe vette a hegesztő eljárások különbözőségét és a készítendő szerkezet bonyolultságából adódó eltérő követelményeket, tehát tartalmazta a mai szakosított képzés alapelveit.

A hegesztő szakmérnökképzés kezdeményezői NYIKITYIN, V. P. és VOLOGGYIN, V. P. professzorok voltak, akik 1925-ben Dnyepropetrovszkban, ill. Vlagyivosztokban megkezdtek a villamos- és gépészmérnök hallgatók részére a hegesztéssel kapcsolatos tantárgyak előadását.

A hegesztő áramforrások racionális tervezéséhez elengedhetetlen volt az ív sajátosságainak ismerete. Ezt a problémát különös hangsúllyal húzta alá a Szovjetunió nehéz energiahelyzete és az üzemek által egyéni tervezésű és előállítású áramforrások megengedhetetlenül kis hatásfoka. Erre a világviszonylatban is jelentős kutatómunkára vállalkozott NYIKITYIN akadémikus, meghatározva a hegesztő áramforrásokkal szemben támasztott alapvető követelményeket. Kutatásai eredményességét meggyőzően bizonyítja az általa tervezett *SzTN* típusú transzformátor-család, amelynek elvét két évtizeden keresztül számos nyugati cég is felhasználta kézi, ill. automatikus ívhegesztő transzformátorok előállítására [5].

A hegesztőberendezések gyártásával 1924-ben a leningrádi *Elektrik* gyárat bízták meg, de az erőfeszítések ellenére a szovjet ipart ebben az időszakban a hegesztési technológia elmaradottsága jellemezte. A statisztikai adatok szerint a Szovjetunió 1928-ban mindössze 1400 hegesztőberendezéssel rendelkezett; ebből 1200 volt ívhegesztőberendezés. Ennek is jelentős része, mintegy 650 berendezés importból származott; közel 200-at az *Elektrik* gyár készített; 280 egyedi tervezésű és előállítású; 70 pedig az 1920-as évek előtt készített berendezés volt.

A hegesztéstechnika műszaki színvonalának emelésében, elterjesztésében és továbbfejlesztésében az említettekén kívül kiemelkedő szerepe volt DULCSEVSKIJ D. A. odesszai mérnöknek [6] is.

Az 1923-ban megjelent könyvében hegesztés területén szerzett 25 évi tapasztalatait összegezte. A hegesztés továbbfejlesztése érdekében kifejtett

tevékenységét jól érzékelteti közel 50 hegesztés tárgyú szabadalma. Ezek közül is kiemelendő a réz fedőpor alatti hegesztésére kidolgozott eljárása (1927), amely a fedettívű hegesztés első gyakorlati megvalósításának tekinthető, valamint az ívhegesztés automatizálására kidolgozott számos szabadalma (1928).

Az előzőkből megállapítható, hogy a szovjethatalom első tíz évében a hegesztés a rendkívül mostoha körülmények ellenére elismerést érdemlő fejlődésnek indult, és ha lassan is, de létrejöttek a további elterjedésének anyagai és műszaki feltételei. A mennyiségi igény mellett egyre inkább előtérbe kerültek a hegesztőberendezések, a hegesztett kötések minőségi problémái. Ezek megoldása azonban csak a hegesztés közben végbemenő metallurgiai és fizikai folyamatok pontosabb megismerése útján volt várható. Az első 5 éves népgazdasági terv keretében a hegesztés ez irányú problémáinak megoldása is kezdetét vette [7].

2. A népgazdasági tervek hatása a hegesztés fejlődésére

A Szovjetunió első 5 éves népgazdasági terve elsősorban a meglevő nehézipar korszerűsítését és új, hatalmas nehézipari objektumok megteremtését tűzte ki célul. Ezek között szerepelt a *Dnyeperi Vízermű*; az *Urali Nehézgépgyár*; a *Bereznikovi és Szolikamszkiji Vegyiművek*; a *Magnyitogorszki, Krivojrog, Kuznyeck*i és *Azovi Acélművek* stb.

A méreteiben hatalmas és rendkívül rövid határidőre tervezett beruházások elkészítése, valamint a gépgyártás általános korszerűsítése egyaránt feltételezte a hegesztéstechnika erőteljes térhódítását és színvonalának jelentős növelését, bár ehhez a feltételek csak részben álltak rendelkezésre.

Az 1930-as évek elejétől a Szovjetunióban is általánossá vált a hegesztés alkalmazása. Ebben nem kis szerepe volt a hegesztésben nagyobb tapasztalattal rendelkező nyugati államok kísérleti eredményei gyors átvételének, valamint a nyugati szaktanácsadók (főleg amerikai, kisebb számban angol és német) alkalmazásának. Már ezekben az években hegesztett kivitelben készültek a nagy átmérőjű víz- és gázvezetékek (100 km nagyságrendben), továbbá a kazánok, a tartályok és a nagyolvasztók köpenyei, a villamos sínek, az üzemi és lakóépületek vasszerkezetei, a különböző daruk, a közúti és vasúti hidak, a hajók egy része, vasúti kocsik és mozdonyok stb. [8].

A hegesztés egyre szélesedő felhasználására jellemző, hogy az első 5 éves terv végére a szovjet ipar 14 000 ívhegesztő munkahellyel rendelkezett, a hegesztéssel és lángvágással foglalkozó szakemberek száma pedig elérte az 50 000 főt [1].

A szovjet ipar a hegesztéssel előállított termékek változatosságát és mennyiségét tekintve a 30-as évek közepére számos iparilag fejlett nyugati országot megelőzött. Ezen eredmények elérésében fontos szerepe volt a külföldi tapasztalatok felhasználásának, de ez mégis csupán alapul szolgált az

önálló hegesztőipar megteremtéséhez. Ebben a tekintetben legfontosabbnak a hegesztéssel, illetve a hegesztett szerkezetekkel foglalkozó tudományos kutatómunkák módszertana és eredményei ítéltethők meg. Ezek példaként szolgáltak a szovjet hegesztési intézetek megszervezésekor, a legaktuálisabb kutatómunkák — zsugorodási feszültségek, minőségi varratok előállítása, ezek ellenőrzése stb. — megindításakor.

Gazdasági és műszaki jelentőségét tekintve a szovjet hegesztés tárgyú kutatások főleg két feladat megoldására összpontosultak:

A minőségi varratot adó bevonatok tanulmányozására; és
a célnak leginkább megfelelő áramforrások kidolgozására.

Mindkét probléma megoldásában elismerésre méltó eredmény született, de míg a nyugati hegesztőgépektől eltérő felépítésű áramforrások (főleg transzformátorok) nagysorozatban való előállítása az első 5 éves népgazdasági tervidőszak alatt megoldást nyert, a minőségi elektródok kellő mennyiségben és minőségben történő gyártása nem valósult meg.

A szovjet hegesztőipar az előzőekben részletezett nehézségek ellenére is nagyban hozzájárult az első 5 éves népgazdasági terv sikeres teljesítéséhez, a kiemelt beruházási objektumok határidő előtti üzembehelyezéséhez. Figyelembe véve azt a körülményt, hogy ez az időszak egybeesett a gazdasági válság éveivel, amikor is a kiterjedt kutatómunka eredményei a tőkés iparban nem realizálódtak, a szovjet hegesztőknek több évtizedes elmaradást néhány év alatt sikerült bepótolniuk, egyidejűleg megteremtve a további fejlesztés feltételeit.

A hegesztési kutatómunkák színvonalának emelését szolgálta az *Ukrán Szovjet Szocialista Köztársaság Tudományos Akadémiája Villamos Hegesztési Intézetének* megszervezése PATON E. O. akadémikus vezetése alatt (1934). A hegesztőmérnökök képzésével a nagy múltú *Moszkvai Bauman Egyetemet*, a *Leningrádi Műszaki Egyetemet* és néhány évvel később a *Kievi Műszaki Egyetemet* bízták meg. Ennek pozitív hatása hamarosan érezhetővé vált mind az iparban, mind a kutatóintézetekben.

A második 5 éves terv időszakában a hegesztés minőségének és automatizálásának kérdései kerültek előtérbe. A szerkezeti acélok hegesztéséhez 1936-1938-ban kidolgozott elektródbevonatok minőségére jellemző, hogy többségük napjainkig sem változott. Az általánosan használt kötőelektródok mellett egymás után fejlesztik ki a közepes szilárdságú, majd a különleges acélok hegesztésére szolgáló bevonatos elektródokat. A minőségi bevonatú elektródok gyártott mennyisége azonban továbbra is messze elmarad a szovjet ipar igényeitől.

Kevésbé kedvezően alakult az ívhegesztés gépesítésének problémája annak ellenére, hogy megoldásán számos hegesztési intézet és tanszéki, üzemi kollektíva dolgozott. Bár ebben pozitív jellegű objektív akadály is közrejátszott, nevezetesen az újítómozgalom, amely 1935-ben a hegesztés területén is tért hódított és rendkívül gyorsan elterjedt.

Az akkori kézi ívhegesztésre megállapított 4–6 m/óra varratkészítési normákkal szemben a jó szakmunkások éves átlagban 20 m/óra hegesztési sebességgel kifogástalan minőségű varratokat készítettek. Ezt a teljesítményt azáltal érték el, hogy az elektródokra megengedett áramerősség legnagyobb értékével hegesztettek és a hagyományos 6 mm átmérőjű elektródok mellett felhasználták a 8–10 mm-es elektródokat is, továbbá a 6 órás munkaidőből több mint 5 órát ténylegesen hegesztéssel töltöttek; a kiegészítő munkákat lakatosok, ill. segéd munkások végezték.

A kézi ívhegesztést utánzó, vagy a tekercselt elektródhuzalra különböző formában felvitt bevonatú „automatikus” hegesztés áramerősségének felső határa a nagy fröccskölési veszteség miatt alig haladhatta meg a kézi ívhegesztésnél használatos értékeket. Így az „automaták” által biztosított termelékenységnövekedés nem állt arányban a többletköltségekkel. Ennek ellenére ezeket az „automatákat” a szovjet ipar is sorozatban gyártotta, bár felhasználásuk elég nagy ellenállásba ütközött.

Az ívhegesztés automatizálására a nyugati államokban is komoly erőfeszítések folytak. Ennek lett eredménye az *Union Carbide and Carbon Corporation* cég munkatársainak az acélok fedőpor alatti hegesztésére 1935-ben benyújtott szabadalma. Bár ennek szövege az elvi lehetőségén kívül más, az eljárás lényegét érintő kérdést (fedőpor- és huzalösszetétel) nem tartalmazott, mégis újabb lendületet adott a szovjet kutatóintézeteknek, amelyek évek óta kitarátóan fáradoztak az ívhegesztés automatizálásán.

A fedettívú automatikus hegesztés ipari felhasználásra alkalmas technológiájának kidolgozását PATON, E. O. akadémikus munkatársaival DJATLOV, V. I., LAPIN, A. M. és SIPIN, V. Sz. 1939-ben fejezte be. E munka magában foglalta a fedőpor, az elektródhuzal, a hegesztő automata és a hegesztési technológia kifejlesztését. PATON akadémikus kiemelkedő érdeme mindezekben túlmenően abban volt, hogy ennek a nagy termelékenységet biztosító eljárásnak az ipari lag fontosabb fémek hegesztéstechnológiájának meghatározásával egyidejűleg ipari felhasználását is megteremtette [9].

A fedettívú automatikus hegesztéssel párhuzamosan megkezdődött a Szovjetunióban az ellenálláshegesztő gépek gyártása, korszerűsítése is. A kezdetben mechanikus vezérlésű gépek előállításával egyidejűleg a második 5 éves terv végére a szovjet ipar felkészült a korszerű elektronikus vezérlésű berendezések sorozatgyártására is.

IV. A hegesztés fejlődése a második világháború alatt és az azt követő időszakban

A második világháború rendkívül nehéz helyzetet teremtett a Szovjetunió számára többek között azzal, hogy a fejlett iparral rendelkező nyugati országrész német megszállás alá került. Az ipari üzemekkel együtt a *Villamos*

Hegesztési Intézet Kievből az Uralba evakuált és megkezdte az urali hadiüzemek hegesztéstechnológiájának automatizálását.

A háború következtében a normális szerkezeti acélok mellett előtérbe kerültek a különleges acélok (nagyzilárdságú, nagyvastagságú anyagok, páncéllemezek stb.) hegesztésének problémái. A minőségi, a mennyiségi és főleg a termelékenységi igény egyértelműleg a fedettívű automatikus hegesztés széles körű bevezetését indokolta és teremtette meg. A Szovjetunióban a hadifelszerelés területén a fedettívű hegesztés vezető technológiává vált, ugyanakkor a nyugati államokban, beleértve az Amerikai Egyesült Államokat is, felhasználása teljesen mellőzött volt.

A háborús évek első legjelentősebb hegesztés tárgyú felfedezése az ív önvezérlése volt (DJATLOV, V. I., 1942), amelynek révén lehetővé vált a bonyolult és sok hibalehetőséget magában rejtő külső ívvezérlés helyett az egyszerűbb és megbízhatóbb belső ívvezérlésre való áttérés. A *másik* említésre méltó eredmény a kényszer-varratképzésű, függőleges irányú fedettívű hegesztés technológiájának kidolgozása volt, amelyből a későbbiekben a salakhegesztés fejlődött ki. A *harmadik* eredmény HRENOV, K. K. akadémikus nevéhez fűződik, aki a víz alatti vágás és hegesztés problémáit oldotta meg korszerű szinten. A *negyedik* számottevő eredménynek a különleges, elsősorban a repülőgépgyártás igényeit kielégítő elektronikus vezérlésű ellenálláshegesztő-gépek kifejlesztése tekinthető.

A szovjet hegesztőiparnak összességében véve igen nagy érdemei voltak a hadifelszerelés minőségi és mennyiségi előállításában, a megsérült hadigépek, járművek és objektumok gyors helyreállításában, valamint a győzelem kivívásában.

A második világháború után a haditermelésről a békés termelésre való átállás a hegesztés mennyiségi fejlődésében időleges megtorpanást okozott. A hegesztő eljárások tökéletesítése, a hegesztett szerkezetek korszerűsítése, a hegesztés személyi, műszaki és gazdasági alapjainak további megerősítése érdekében kifejtett tevékenység azonban egyre erősödött.

Erre az időszakra esett az Amerikai Egyesült Államokban kifejlesztett argon (hélium) védőgázos wolframelektrodos hegesztés elterjesztése [10], a félautomatikus fedettívű hegesztés kidolgozása. Ennek vezérlési elve (kis huzalátmérő, nagy áramsűrűség, jó önvezérlés) alapul szolgált az amerikai semleges védőgázos fogyóelektrodos hegesztés; majd néhány évvel később a széndioxid-védőgázos hegesztés eredményes megoldásához. A fedettívű hegesztés függőleges változatának kísérletei is tovább folytak és végül a nehézsúlyú gyártást forradalmasító új eljárás, a salakhegesztés kidolgozásához vezettek (VOLOSKEVICS, G. Z., PATON, B. E. és mások) [11].

A salakhegesztés mai fejlettségi fokán a technikai gyakorlatban leginkább használatos valamennyi fém és ötvözet egyesítésére, alkalmazható tetszőlegesen nagy anyagkeresztmetszetek mellett. Az öntött, kovácsolt és hengerelt

anyagok egymással nehézség nélkül egyesíthetők egy rétegben salakhegesztéssel; így a méretei miatt nem, vagy csak igen nagy költségárfordítással gyártható nagyteljesítményű berendezések (vízturbinák, cementégető kemencék, sajtoló és kovácsgépek stb.) gazdaságos előállítása is lehetővé válik. A salakhegesztés nemzetközi elismerését demonstrálta többek között a *Brüsszeli Világkiállításon* odaítélt nagydíj.

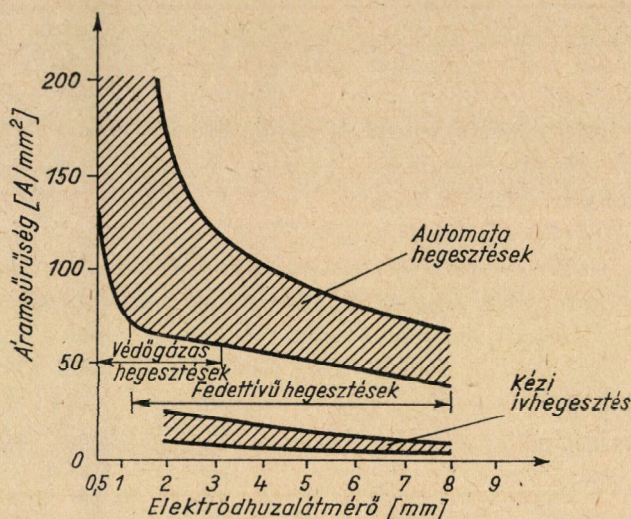
Az újabb hegesztő eljárások terjedő felhasználása ellenére a szerkezeti acélok hegesztése terén továbbra is a kis termelékenységet adó kézi ívhegesztés volt túlsúlyban, mivel a nagyobb termelékenységet biztosító ($3 \div 5$ -szörös) félautomatikus leolvadó-elektrodos argon-védőgázos hegesztés az argon nagy ára miatt általános rendeltetésű hegesztett szerkezetek előállításánál nem kerülhetett alkalmazásra.

A kézi ívhegesztést helyettesítő, termelékenységekben és költségekben is elfogadható automatikus hegesztő eljárás kifejlesztésére csaknem valamennyi iparilag fejlett államban kiterjedt kutatómunka folyt. A feladatot LJUBAVSZKIJ, K. V. és NOVOZSILOV, N. M. szovjet kutatók oldották meg 1950–52 között olcsó széndioxid védőgáz, szilíciummal és mangánnal gyengén ötvözött elektródhuzal felhasználásával [12]. Az elmúlt 10 évben ez az eljárás fejlődött és terjedt el a leggyorsabban, amit az elfogadható önköltség és a kézi ívhegesztéshez képest $3 \div 5$ -szörös termelékenység tett lehetővé.

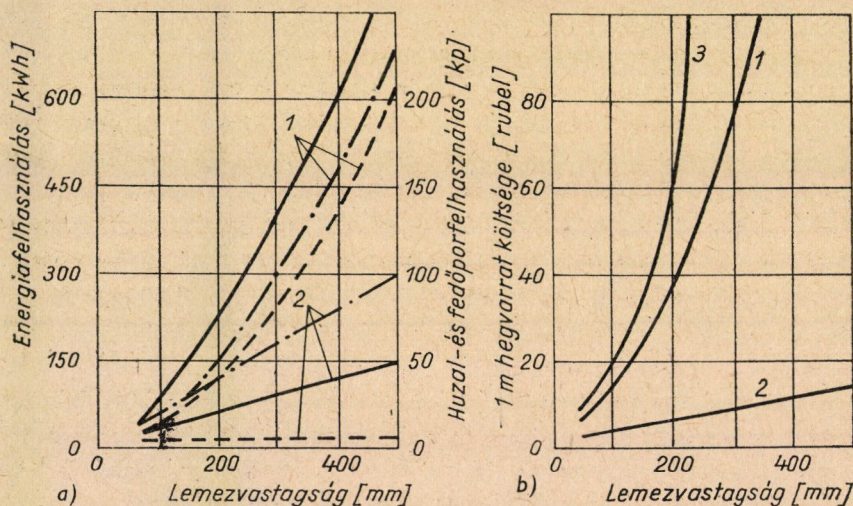
A hegesztésnek egy gyorsan fejlődő és terjedő felhasználási területe az elkopott, ill. új, kopásálló felületek felrakóhegesztése. A szovjet kutatók e területen is kiemelkedő eredményeket értek el a porbeles, a szalagelektrodos, a salakhegesztéses felrakás stb. technológiák kifejlesztése révén [12].

Az iparban széles körben felhasználásra kerülő hegesztő eljárások kidolgozásában és továbbfejlesztésében a szovjet szakembereknek elismert szerepük volt. A hegesztés termelékenységében elért változás érzékelhető az 1. ábra alapján, amelyen a különféle ívhegesztő eljárásokban használatos elektródhuzalátmérőket és a hozzájuk tartozó áramsűrűségeket tüntettük fel. Bár az egyes eljárások alkalmazási területe a lemezvastagság, a hegesztési helyzet stb. függvénye, mégis jól látható, hogy az automatikus eljárásokban az áramerősséggel (áramsűrűséggel) arányos elektródhuzal leolvadás, a hegesztés termelékenysége többszöröse a kézi ívhegesztés termelékenységének.

A salakhegesztés műszaki és gazdasági előnyeit mutatjuk be a 2. ábrán a *Paton Intézet* adatai alapján [13]. Az 1 m varrat elkészítéséhez szükséges villamosenergia (folytonos vonal), az elektródhuzal (pont-vonal) és a fedőpor-felhasználás (szaggatott vonal) változását a lemezvastagság függvényében a 2a ábra érzékelteti többrétegű fedettívű hegesztésre (az 1 jelzésű görbék) és salakhegesztésre (a 2 jelzésű görbék). Az 1 m varrathosszra eső közvetlen költségeket a lemezvastagság függvényében a 2b ábra szemlélteti többrétegű fedettívű hegesztésre (1 jelű görbe); salakhegesztésre (2 jelű görbe), ill. többrétegű kézi ívhegesztésre (3 jelű görbe). Ezek az adatok meggyőzően bizo-



1. ábra. A bevont-elektrodos kézi ívhegesztés és a leolvadó-elektrodos automatikus hegesztő eljárások összehasonlítása a megengedett áramsűrűség alapján



2. ábra. A fedettívű automatikus hegesztés, a salakhegesztés és a bevont-elektrodos kézi ívhegesztés költségtenyezőinek változása a lemezvastagság függvényében, 1 m varrathosszúságra vonatkoztatva

Jelmagyarázat: — energiafelhasználás, --- huzalfelhasználás, ... fedőporfelhasználás;
1 fedettívű hegesztés, 2 salakhegesztés, 3 kézi ívhegesztés.

nyítják, hogy a salakhegesztés az elmúlt 50 év egyik legkiemelkedőbb felfedezése.

A szovjet hegesztőiparban bekövetkezett hatalmas fejlődés lemérhető a rendelkezésre álló statisztikai adatok alapján is, amelyek szerint a Szovjet-

unióban 1965-ben 36,3 millió tonna hegesztett szerkezetet készítettek. A hegesztés gépesítési foka országos szinten elérte a 46 %-ot, az iparban pedig az 55,1 %-ot; a hegesztő szakmunkások száma meghaladta a 279 ezret. A hegesztőberendezések száma több mint 382 ezer; ebből ívhegesztő automata és félautomata 36,1 ezer, az ellenálláshegesztőgépek száma 36 ezer volt. Az egy év alatt gyártott elektródhuzal súlya 380 ezer tonna, a bevont elektródoké 442 ezer tonna [14].

Az ismertetett 1928-as hegesztőgépparkkal összehasonlítva ezeket az adatokat, válnak igazán elismerésre méltóvá a hegesztés területén kifejtett erőfeszítések és azok eredményei.

A szovjet szakemberek szerepét a legújabb hegesztő eljárások (plazma, elektronsugaras és ultrahangos technológiák, a dörzs-, a diffúziós-, a hideg-, a nagyfrekvenciás- és a laserhegesztés stb.) kidolgozásában és továbbfejlesztésében nagyszámú szabadalom és a széles körű ipari felhasználás igazolja.

V. A szovjet hegesztés tárgyú kutatás jelentősége

A Szovjetunió nem csupán a hegesztő eljárások kidolgozása és a felhasználása területén vívott ki elismerést, de a tudományos és üzemi kutatóintézetek tudósainak, kutatóinak és mérnökeinek szakirodalmi munkássága is éppoly meghecsülésre tett szert világviszonylatban.

A szovjet kutatók munkásságának jelentősége abból is megítélhető, hogy az orosz nyelvű „*Szvarocsnoje proizvodstvo*” és az „*Automaticseszkaja szvarka*” hegesztési folyóiratokat angol nyelvre fordítva széles körben terjesztik és tanulmányozzák Amerikában, Angliában, Kanadában, Japánban stb., ill. számos szerző és szerzői kollektíva könyvét fordították le idegen nyelvre.

A Szovjetunióban ma már a hegesztés egyes részterületeit neves szakemberek irányításával nagyszámú kutató vizsgálja, és a hegesztés fő problémáinak tisztázására iskolák alakultak ki. A hegesztés különböző területein elért eredményekről a folyóiratcikkek százai és nagyszámú összefoglaló mű, szakkönyv számol be.

A Szovjetunió és a szovjet hegesztőszakemberek közvetlen segítségnyújtása az iparilag gyengébben fejlett országok számára szintén felbecsülhetetlen értékű volt. A baráti segítségnyújtás keretében a nemzeti függetlenségüket visszanyert országok a hegesztés területén a legkorszerűbb eredmények és berendezések birtokába jutottak, megtakarítva a rendkívül költséges kutatóintézetek és kutatások soronkívüli megszervezését és a kutatásokra szánt éveket.

A segítségnyújtás számos formája közül is kiemelést érdemel annak a lehetőségnek a biztosítása, amelynek keretében a Szovjetunió vállalta a baráti országok részére szakosított mérnökök, tudományos minősítésű szakemberek

képzését, a legnevesebb egyetemeken és kutatóintézetekben, a legjobb szakembereit bízva meg e feladattal.

Ennek a baráti segítségnyújtásnak a keretében jutott többek között a magyar ipar is az első fedettívű automatákhoz, a korszerű ellenálláshegesztő berendezésekhez és a Szovjetunióban kiképzett hegesztőmérnökökhöz. A számos magyar nyelvre fordított szakkönyv közül NIKOLÁJEV G. A. professzor szerkesztésében megjelent „Hegesztés” [3] és POGOGYIN-ALEKSZEJEV G. I. professzor „A hegesztő folyamatok elmélete” [15] című könyve útján ismerkedhetett meg a magyar hegesztőszakemberek széles rétege a hegesztés problémáival és a korszerű hegesztő eljárásokkal.

A szovjet tudósoknak és mérnököknek a hegesztéssel összefüggő tudományágak alkotó továbbfejlesztése terén kifejtett tevékenységének és a számos új hegesztő eljárás kidolgozásában elért sikereknek a nemzetközi elismerése jutott kifejezésre az *International Institute of Welding* 1967. évi londoni közgyűlésén, ahol a Portevin emlékelőadás megtartására PATON B. E. akadémikust kérték fel.

A szovjet hegesztőszakemberekre a kommunizmus anyagi és műszaki bázisának megteremtésében ismét hatalmas feladatok várnak. E feladatok PATON akadémikus szerint [16] az egyre nagyobb szilárdságú anyagok hegesztéstechnológiájának kidolgozásában, új hegesztő eljárások kutatásában, a hegesztett kötés készítésének és ellenőrzésének komplex gépesítésében, valamint automatizálásában foglalhatók össze.

IRODALOM

1. MATIJKO, N. M.—RADUNSKIJ, L. D.: A villamos ívhegesztés fejlődése a Szovjetunióban. Goszenergoizdat, 1960.
2. GELMAN, A. SZ.: Villamos ellenálláshegesztés. Masgiz, 1949.
3. NIKOLÁJEV, G. A.: Hegesztés. Nehézipari Könyvkiadó, Budapest 1952.
4. GILLEMOT L.: Szerkezeti anyagok technológiája; II. Hegesztés. Tankönyvkiadó, Budapest 1960.
5. RABINOVICS, I. JA.: A villamos ívhegesztés berendezései. Masgiz, 1958.
6. HRENOV, K. K.: Fémek hegesztése, vágása és forrasztása. Masgiz, 1959.
7. PATON, B. E.: A villamos ömlesztő hegesztés technológiája. Masgiz, 1962.
8. NIKOLÁJEV, G. A.: Hegesztett szerkezetek. Masgiz, 1962.
9. PATON, E. O.: Automatikus ívhegesztés. Masgiz, 1953.
10. BRODSZKIJ, A. JA.: Wolfraamelektrodás argon védőgáz as ívhegesztés. Masgiz, 1956.
11. PATON, B. E.: Villamos salakhegesztés. Masgiz, 1959.
12. NOVOZSILOV, N. M.—SZUSZLOV, V. I.: Fogyóelektrodás hegesztés széndioxid védőgázban. Masgiz, 1958.
13. SZOKOLOV, E. V.: Hegesztési kézikönyv; I, II. Masgiz; 1960, 1961.
14. *Automaticeszkaja szvarka* (1966), No 11.
15. POGOGYIN-ALEKSZEJEV, G. I.: A hegesztő folyamatok elmélete. Tankönyvkiadó, Budapest 1952.
16. PATON, B. E.: A jövő hegesztése. *Automaticeszkaja szvarka* (1963), No 2.