

## A Vasipari Kutató Intézet 70 éves-jubileuma (1952-2022) – II. rész

70th anniversary (1952-2022) of the Research Institute for Ferrous Metals – Part II.

Fehérvári Attila

**Az előző számban összefoglaltuk a VASKUT történetét<sup>1</sup> 1973-ig. További történetére hatást gyakoroltak az ország határain kívüli, magyar vonatkozású események is, ezért célszerű azokat röviden összefoglalni.**

Kialakult egy hasznos együttműködés a csehszlovák hegesztési kutató intézettel (VÚZ-Bratislava), amelyet Zorkóczy professzor úrnak és a VÚZ igazgatójának, Jozef Čabelka professzor úrnak a barátsága alapozott meg.

Létrejött együttműködés az NDK Központi Hegesztési Intézete (ZIS-Halle) és a GTE között, amelynek eredményeként sok magyar szakember szerzett hegesztőmérnöki képesítést (Schweisserpass) a ZIS tanfolyamain.

Az orosz műszaki irodalom is hatást gyakorolt a magyar hegesztési kultúrára. 1952-ben kiadták Nyikolajev „Hegesztés” című kézikönyvét. Később Rittinger János nomogramot szerkesztett a varrat alatti repedések elkerülésére, a hegesztési hőfolyamat Rükalin által publikált differenciál egyenlete alapján.

1959 és 1963 között Romvári Pál aspiráns volt a Moszkvai Bauman Egyetemen, ahol – a titán hatásának vizsgálatáról írt értekezésével – kandidátusi fokozatot szerzett. (Előzőleg, 1945-1951 között szakmunkás képesítő vizsgákat és szakérettségi vizsgát tett. 1951-1956 között a BME Hadmérnöki Karán tanult, és szerzett diplomát. A forradalom után tanársegéd lett a Mechanikai Technológiai Tanszéken).

1963-1966 között docens, és tanszékvezető helyettes a Gillemot tanszéken. Ő tartotta a heti tanszéki értekezleteket, amelyeken félállású tanársegédként jelen sorok írója is részt vett.

1966-1989 között egyetemi tanár a Zorkóczy tanszéken. 1968 szeptemberében – Zorkóczy professzor úr nyugdíjazása után – átveszi a tanszék vezetését. Jelentős fejlesztéseket valósít meg a tanszék szakterületein, a hegesztésben, a hőkezelésben, a képlékeny alakításban és a gépészeti anyagtudományban. Mindeközben fontos közéleti tevékenységet is végez.

Turi Aladár Romvári Pállal együtt volt aspiráns Moszkvában. (Előzőleg a Szabványügyi Hivatalban dolgozott). 1963-ban docenssé nevezték ki az NME Mechanikai Technológiai Tanszékére, azonban hamarosan visszatért a Szovjetunióba, ahol a KGST szabványosításban dolgozott. Megnősült, és letelepedett Moszkvában.

A Szovjetunió rangos egyeteme a Leningrádi Műszaki Egyetem, amelynek egyik alapítója Mendelejev volt 1899-ben. Itt tanult Kollár Imre, aki nagy hatást gyakorolt a magyarországi hegesztés történetére.

Az előző számban közölt összefoglalóból kimaradt az a munka, amelyet a VASKUT a lánghegesztés és lángvágás

eszközeinek és technológiájának fejlesztésére végzett. Ugyancsak kimaradt a hegesztő áramforrások fejlesztése. Mindkét témakörben végzett munka – amelyet Fehérvári Attila végzett vagy irányított – hozzájárult a hazai hegesztési kultúra fejlődéséhez.

### A Hegesztési Osztály tevékenysége: 1973-1976

Osztályvezető: Dr. Turi Aladár

1973-ban Dr. Turi Aladár áttelepült Magyarországra, hogy tudományos karriert építsen. Munkahelyként a Vasipari Kutató Intézetet, szakterületként a hegesztést választotta, ezért visszaállították a VASKUT Hegesztési Osztályát az ő vezetésével.

A Hegesztési Osztály alapja az Acélméteallurgiai Osztálytól átvett Hegesztési Csoport volt, amelyhez az Anyagvizsgáló Osztályról Dr. Szunyogh László csatlakozott. Udvardi Tibor pedig Beck András ajánlásával került a csepeli hegesztési laboratóriumból a Hegesztési Osztályra.

Szervezetileg a Hegesztési Osztályhoz sorolták át a porbeles huzalgyártó műhelyt, amelyet Ungvárszky Miklós hozott létrehozott az Anyagvizsgáló Osztályon. A műhelyben rajta kívül Szegedi Géza, Tarnainé (Tarján Hedvig) és Bodor Albert dolgozott.

Dr. Turi Aladár három kutató csoportot szervezett:

1. Az acélok fejlesztésével foglalkozó csoportot Dr. Rittinger János vezetésével. Tagjai: Tóth Károly, Kern Ferenc, Takács Gyula.
2. A hegesztőanyagok fejlesztésével foglalkozó csoportot Fehérvári Attila vezetésével. Tagjai: Kern Olga, Udvardi Tibor, Schwarczenberger Pál.
3. A korrózióálló acélok fejlesztésével foglalkozó csoportot Dr. Szunyogh László vezetésével. Tagjai: Zsolgaya Péter, Fogarassy László, György Miklós.

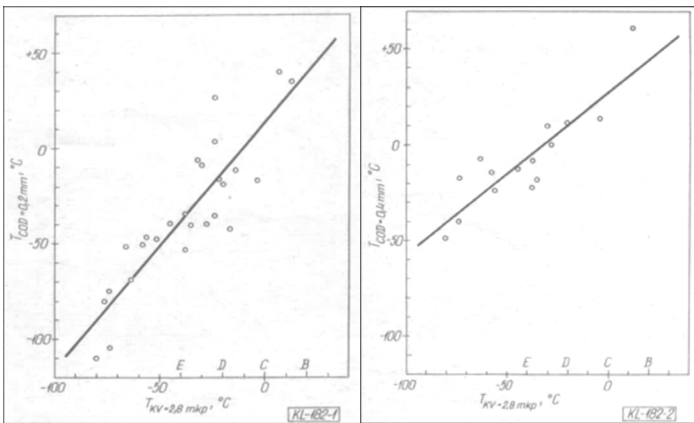
A kutató csoportok számára saját műhely állt rendelkezésre, Megyesi Sándor művezető irányításával. A műhelyben Szabó László hegesztő, Machalek Ferenc lakatos és Dávid László segéd munkás dolgozott. Emellett a társosztályok szolgáltatásai is a kutatók rendelkezésére álltak (próbatestgyártás, vegyelemzés, metallográfia).

1974-ben Dr. Horváth Jánost nevezték ki a VASKUT igazgatójává, aki az Ózdi Kohászati Üzemek munkásaként kezdte pályáját, majd a KGM által 1968-ban létrehozott Magyar Vas- és Acélipari Egyesülés vezérigazgatója lett. Verő professzor úr tanácsadóként az intézetnél maradt 1976-ig, amikor nyugdíjba vonult.

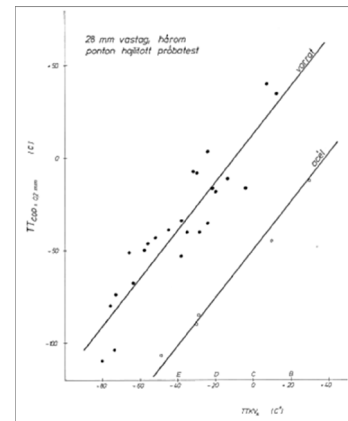
### Törésmechanikai kutatások

1970-ben Fehérvári Attila és Dr. Rittinger János alkalmassá tette az Anyagvizsgáló Osztály ALPHA gyártmányú, 30 tonnás mechanikus szakítógépet az ipari

<sup>1</sup> Fehérvári Attila: A Vasipari Kutató Intézet 70 éves-jubileuma (1952-2022) – I. rész, Anyagvizsgálók Lapja 2022/II. lapszám, pp. 60-66. [https://avilap.hu/view\\_article.jsp?article=1261](https://avilap.hu/view_article.jsp?article=1261) (Letöltés dátuma: 2022.06.24.)



1. ábra: Szerkezeti acél varratok COD jellemzőjének átmeneti hőmérséklete



2. ábra: Varratok és alapanyagok COD jellemzőinek átmeneti hőmérséklete

gyakorlatban járatos, képlékeny szerkezeti anyagok statikus törésmechanikai anyagjellemzőinek mérésére, három ponton hajlított (TPB) próbatestekkel. A terhelőerő hatásvonalába egy erőmérő cellát, és egy saját tervezésű készüléket építettek be, amely lehetővé tette a próbatest lehajlásának mérését, és a repedés kinyílásának (V) mérését a próbatest felületétől 5 mm távolságban.

A törésmechanikai próbatestekben az Anyagvizsgáló Osztály AMSLER 10 MP és AMSLER 2 MP rezonancia-fárasztó gépekkel hoztak létre repedéseket  $\approx 5000/\text{min}$  frekvenciával. A fárasztást megszakítva a felület kékítésével ( $250^\circ\text{C}$  hőkezeléssel) megjelölték a repedés méretét. A vizsgálati eredményekből meghatározták a repedésterjedés sebességét leíró Paris-Erdogan összefüggés ( $da/dN = C\Delta K^m$ ) paramétereit, és a repedésterjedés küszöbértékét ( $\Delta K_{th}$ ).

A statikus vizsgálatok jeleit  $XY Y'$  íróval regisztrálták. A jelek alapján összefüggést határoztak meg a mért repedés kinyílás (V) és a repedés csúcsára átszámított repedés kinyílás (COD) között. Sok száz COD mérést végeztünk, amelyek kiértékelése nagy munka volt, de egyben nagy lépés a törésmechanika meghonosításában.

A COD ismeretében használni tudtuk a Welding Institute (Abington Hall, Cambridge) tervezési görbéit ( $\sigma_T/\sigma_Y = f(\varepsilon/\varepsilon_Y)$ ) a töréssel szembeni biztonság növelésére.

Saját vizsgálatokat is előkészítettünk a tervezési görbék meghatározására azzal az 500 tonnás hidraulikus szakítógéppel, amelyet a Kábelgyár szerzett be az Erzsébet híd kábeleinek ellenőrzéséhez. A vizsgálati program az 1. sz. mellékletben látható. Egy VASKUT vezetői döntés miatt azonban a szakító gép és saját előkészítő munkánk (széles lemez próbatestek és befogók) kárba veszett.

1973-ban készült először számítás a VASKUT Hegesztési Osztályán vastagfalú nyomástartó edény feszültségi állapotának meghatározására. A tartályt a Láng Gépgyár készítette (1/4-2-466/73<sup>2</sup>). A számítást Fehérvári Attila végezte az ASTM-STP 381 számú kiadványában (1965)

ismertetett módszerrel.

Fehérvári Attila összefüggést határozott meg<sup>3</sup> a törésmechanikai anyagjellemzők és az ütővizsgálati anyagjellemzők között.

Az 1. ábra (az ábrák mindegyike a VASKUT dokumentumaiban fellelhetők) 20 mm vastag TPB próbatestek átmeneti hőmérsékletének összefüggését mutatja az ütővizsgálat átmeneti hőmérsékletével. A 2. ábrán 28 mm vastag TPB próbatestek átmeneti hőmérséklete látható, összehasonlítva szerkezeti acélok átmeneti hasonló jellemzőjével. Az ábra 50 hegesztett kötés COD vizsgálati eredményeit tartalmazza, amelyből 1200 COD próbatest, 1500 ütő próbatest és 100 szakító próbatest készült.

Az összefüggés birtokában megítélhető egy roncsolásmentes vizsgálattal feltárt repedés vagy más síkbeli hiba veszélyessége. Megállapítható, hogy a síkbeli hibák jelenléte sokkal veszélyesebb a varratban, mint az alapanyagban.

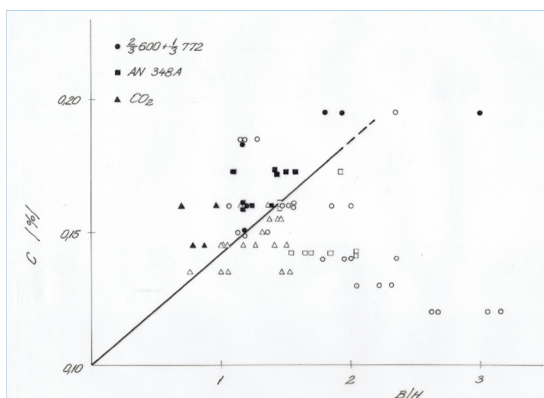
### Varrat repedések

1968-ban a győri közúti Rába híd fedettívű hegesztési varratainak mágneses repedésvizsgálata meglepetésre folytonos repedést tárt fel. A varratok a Magyar Vagon és Gépgyárban gyártott S 45 fedőporral készültek. 3,5 km varratot ki kellett köszörsülni, és bevont elektródával újra kellett hegeszteni. Kutatásokat kezdtek a repedés okainak feltárására.

Fehérvári Attila kutatásai bizonyították, hogy a repedések keletkezése a varrat kristályosodásával hozható összefüggésbe. A folyékony vas-karbon ötvözetből  $C < 0,1\%$  esetén térközepes köbös (tkk) kristályrácsú  $\delta$ -ferrit kristályosodik,  $C = 0,1-0,2\%$  esetén pedig  $\delta$ -ferrit és felületen közepes köbös kristályrácsú (fkk) austenit kristályosodik (egyensúlyi állapotban peritektikus reakció). Az Fe-atom térkitöltése az fkk kristályrácsban nagyobb, így a ferritben oldott elemek egy része vegyületként kiválik, zárványt képez az austenit szemcsék között, amely növeli a repedések keletkezésének veszélyét.

<sup>2</sup> A zárójelben feltüntetett számok a VASKUT által adott témaszámokat jelentik, mely dokumentumok a mai napig fellelhetők a szerzőnél.

<sup>3</sup> Fehérvári Attila: VII. Kohászati Anyagvizsgáló Napok, Balatonszéplak (1973), Fehérvári Attila: Kapcsolat az ütő-hajlító vizsgálat és a COD mérés eredménye között. BKL-Kohászat, 108 pp. 155-158 (1975)



3. ábra: Varratrepedések keletkezésének feltételei

Kísérleteket 30 mm vastag, karbon-mangán acél fedettívű és védőgázos eljárással hegesztett gyökvarratának hegesztésével végeztek. A hegesztési paraméterekkel változtatta a varratok szélességének (B) és mélységének (H) viszonyát. Mély beolvadásnál a szulfidzárványok a zsugorodásra merőlegesek, növelve ezzel a repedések valószínűségét. A vizsgálatok eredményét a 3. ábra foglalja össze. A varratrepedések elkerülésére nomogram készült, amelyet a VASKUT felhasznált az ipari megbízásra kidolgozott hegesztési technológiák tervezéséhez.

### KGST együttműködések

1973-ban létrejött a Hegesztési Egyezmény a KGST országokban folyó kutatások összehangolása és a kutatók tapasztalatcseréje céljából (száma: 1.13). A tagországok képviselőit szakértők (expertek) látták el, Magyarországot Romvári Pál professzor képviselte.

A kutatásokat specialisták végezték különböző témákban. A VASKUT négy téma munkájában vett részt: Fehérvári Attila vezetésével az 1.13-7 (porbeles huzalok) és az 1.13-14 (hegesztőanyagok) témában, Dr. Rittinger János vezetésével pedig az 1.3-12 (rideg törés) és az 1.13-19 (hegeszthetőség) témában.

A hegesztési egyezményvel párhuzamosan megkezdődött az anyagvizsgálat módszereinek és eszközeinek összehangolt kutatása is (száma: 1.35). A VASKUT az 1.35-3 (törésmechanika) specialistáinak munkájában vett részt Fehérvári Attila vezetésével. Az 1-35-3 téma koordinátora Milan Brumovszky volt.

A KGST együttműködés a kétoldalú együttműködések helyébe lépett.

### Hegesztőanyag fejlesztések

1974-ben KGM megbízást adott a „Hegesztőanyaggyártás megújítása” című téma kidolgozására (4-1-520/74-77) amely Dr. Turi Aladár vezetésével, Fehérvári Attila, Udvardi Tibor, Schwarzenberger Pál részvételével valósult meg. A téma keretében megvalósítandó feladatok a következők voltak:

1. Igényfelmérés, választékajánlás.
2. Alapanyag ( $\varnothing 6$  mm OKÜ hengerhuzal), előhúzás ( $\varnothing 2,5$  mm SKÜ huzal) hatásának vizsgálata  $\text{CO}_2$  védőgázos huzalok tulajdonságaira.

### 3. Szovjet porbeles huzalok (PP AN 3, PP AN 7, PP AN 8) vizsgálata.

1975 márciusában az Eurocom (Gyarmat utca) fősztályvetetője, Nagy Sándor találkozót szervez a VASKUT épületébe – Fehérvári Attila és az ESAB szakemberei között, a Csepel Fémmű szakembereinek részvételével – 12 bevont elektróda és 2 ragasztott fedőpor licencvásárlási ajánlatának megbeszélésére. Fehérvári Attila tanulmányozza a hegesztőanyaggyártást Göteborgban és a gépgyártást Laxában.

1975 júniusában Turi Aladár vezetésével Fehérvári Attila és két salgótarjáni szakértő tanulmányozta a porbeles huzalgyártás technológiáját, gyártását, és berendezését. Állomások: Kijev-Makajevka-Moszkva-Alma-Ata-Moszkva.

A korrózióálló acélok fejlesztésével foglalkozó kutatócsoport az ERBE megbízásából Dr. Szunyogh László vezetésével átfogó tanulmányt készített atomerőművi hegesztett szerkezetek erősen ötvözött acél anyagainak és hegesztett kötéseinek tulajdonságai címmel (4-2-662/75).

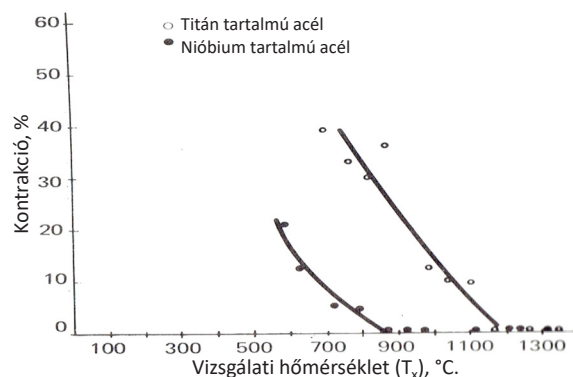
1976-ban a hegesztőanyagok fejlesztésével foglalkozó kutatócsoport a Csepeli Fémmű megbízásából Fehérvári Attila vezetésével összehasonlító vizsgálatot szervezett a Mórton létesítendő hegesztőanyaggyár termék választékának kialakítására (4-2-865/76).

A vizsgálatokban az ESAB, a BOC és a Csepeli Elektrodagyár termékeit hasonlították össze.

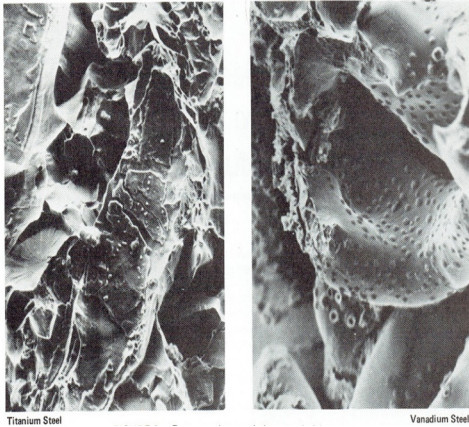
A vizsgálat kiterjedt a technológiai tulajdonságokra és a varrat-tulajdonságokra. A vizsgálatokban részt vettek a hegesztést alkalmazó legnagyobb hazai vállalatok és a műszaki egyetemek, és rajtuk keresztül a legtöbb jelentős hazai hegesztő szakember.

### Microalloying'75

1975-ben az Union Carbide Corporation nemzetközi szimpóziumot szervezett Washingtonban (DC), a növelt szilárdságú gyengén ötvözött acélok fejlesztésének áttekintése, és alkalmazásának elősegítése érdekében. A szervező bizottság pályázatot hirdetett előadás benyújtására azzal az elkötelezettséggel, hogy a nyertes pályázó utazási és részvételi költségét a szimpózium költségvetése fedezi. Dr. Rittinger János és Fehérvári Attila sikeresen pályázott, így részt vehetett a szimpóziumon. Szenzáció



4. ábra: Hőszimulátorban elszakitott próbatestek kontrakciója



5. ábra: Hőszimulátorban 1375 °C hőmérsékleten elszakított próbatestek töretfelülete

volt, mert korábban műszaki kutató nem járt az Egyesült Államokban.

A 4. ábra hőszimulátorban elszakított, 1,0% Mn tartalmú acél próbatestek kontrakcióját mutatja a szakítási hőmérséklet függvényében. Látható, hogy nióbium tartalmú (500ppm) acél 850 °C hőmérsékleten, a titán tartalmú (600ppm) acél 1200 °C hőmérsékleten ridegen törik. A vanádium tartalmú acélok 1375 °C hőmérsékleten is kontrahálnak. Az 5. ábrán a titán és a vanádium tartalmú acélok töretfelületének scanning elektron mikroszkópos képe látható.

A rideg viselkedés minimum hőmérséklete összefüggést mutat a szubsztitúciós elemek és a vas atomátmérőjének különbségével.

A szimpóziumot több élménybeszámoló és szakmai publikáció követte. Az első híradás Dr. Rittinger János, Fehérvári Attila: Mikro ötvöző elemek hatása szerkezeti acélok szívósságára című közleménye volt<sup>4</sup>.

Az IIW dokumentum hatására megkezdődött az egyetlen, magyar kutatások nyomán született, nemzetközi kutatási program, amelyben számos ország vett részt (Japán, Egyesült Királyság, Franciaország, NSZK, Svájc). Az IIW felajánlotta Magyarországnak a program megszervezését és lebonyolítását, amelyre Konkoly professzor bejelentkezett, majd éveken át részt vett a közgyűléseken, az évközi üléseken és a munkaértekezleteken (az ötletgazdát nem érte vesztés, hiszen az ő utazásait nem támogatta volna senki).

A 6. ábra és a 7. ábra a varratok átmeneti hőmérsékletét mutatja az 1972-ben bevezetett, és idő közben kibővített kiegyenlítési tényező (B) függvényében.

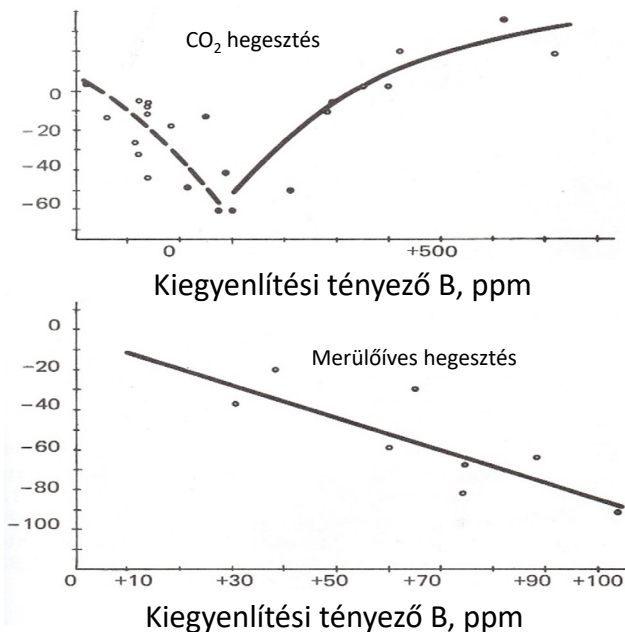
$$B = \frac{14}{27}Al + \frac{14}{48}Ti + \frac{14}{51}V + \frac{14}{93}Nb - N$$

### Atomerőművi kutatások kezdete

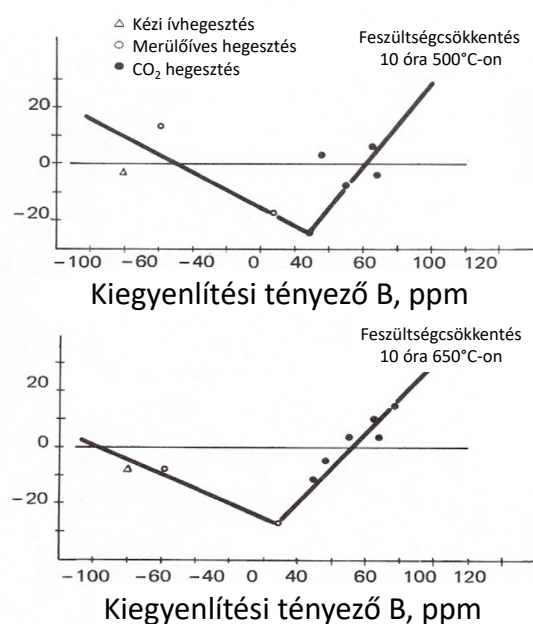
Egy 1966-ban kötött államközi egyezmény értelmében Magyarország négy atomerőművi blokk szállítását rendelte meg a Szovjetuniótól. A blokkok VVER 440 MW reaktort tartalmaztak, amelynek tartályát a pilseni Skoda Művek gyártotta. A tartályba 275 °C hőmérsékletű víz lép be, amit a sugárzás 315 °C hőmérsékletűre melegít 123 bar nyomáson. A primer körbe 6 db szovjet gőzfejlesztőt, a szekunder körbe 2 db 220 MW teljesítményű, a Ganz Villamossági Művek által gyártott gőzturbinát építettek be. A belépő gőz nyomása 44 bar, hőmérséklete 255 °C volt.

1976. január 1-jén létrejött a Paksi Atomerőmű Vállalat. Az érvényben lévő szovjet előírások szükségessé tették egy vezető tudományos intézmény kijelölését. A feladatot a VASKUT kapta meg, amely a tevékenység irányítását Dr. Szunyogh Lászlóra bízta.

A Hegesztési Osztály sikeres működésének elismerésére Dr. Turi Aladár feljebb lépett a VASKUT ranglétráján.



6. ábra: Varratok átmeneti hőmérséklete



7. ábra: Hőkezelés hatása a varratok átmeneti hőmérsékletére

<sup>4</sup> Gép XXVIII. évf. pp. 267-272 (1976), BKL-Kohászat 110. évf. pp. 343-348 (1977), XII-B-231-77 (IIW)]

Az osztály vezetésével a vezető tudományos intézményi feladatok irányítóját, Dr. Szunyogh Lászlót bízták meg.

## A Hegesztési Osztály tevékenysége: 1976-1980

Osztályvezető: Dr. Szunyogh László

Megszűntek a kutató csoportok, és új munkatársak kerültek az osztályra: Deák Csaba, Takácsné (Márkus Enikő), Gál Ilona, Boross Péter, Szántó László, Madár Pálné (Éva), Pilc Erzsébet.

### Vezető tudományos intézményi feladatok (1976-1980)

1976-ban vizsgálatsorozat kezdődött a szovjet hegesztőanyagok kiváltására és az alkalmazandó hegesztéstechnológia minősítésére (4-2-858/76). 1979-ben új vizsgálatsorozat indult hasonló céllal (8-2-1292/79). A vizsgálatokat különböző kutatók végezték, a téma vezetője Dr. Szunyogh László volt. Munkájuk eredményeként egy terjedelmes technológiai adatbázis jött létre.

1976-tól a VASKUT több eredménytelen kísérletet tett reaktortartály anyag beszerzésére saját kísérletek céljából. Saját kezdeményezésű kutatás keretében 4 laboratóriumi adagot is gyártott. 1978-ban – egy ERBE (Kristyák Ernő) szerződés alapján – a VASKUT megrendelte egy 50 tonnás adag gyártását az LKM elektroacél kemencéjében. Az adag összetétele 0,13C, 3,0Cr, 0,52Mo, 0,24V volt. Az adagot ~5 tonnás kokillákba öntötték, az öntecsekből 180x550x1500 mm méretű lapokat sajtoltak, és 220x600x1500 mm lemezbugákat hengereltek.

A sajtolt lapokból nemesítés után próbatesteket gyártottak a reaktortartály 15H2MFA anyagának vizsgálatához, és hegesztett kötések készítették a reaktortartály körvarratainak vizsgálatához. A hegesztett kötések a SKODA Művektől származó SZV 10HMFT huzallal (0,10C, 1,7Cr, 0,5Mo, 0,27V) és AN42 fedőporral készültek. Megjegyezzük, hogy a SKODA Művekben 45 tonnás öntecsek készültek, amelyek nagyobb átkovácsolási mértéke miatt a reaktortartály anyagok saját vizsgálati eredményei tájékoztató adatok. A kísérleti anyagok biztosítását Dr. Rittinger János szervezte.

A lemezbugákból 80 mm vastag lemezeket hengereltek a Lőrinci Hengerműben. Ebből készült a reaktor modelltartály a Csepeli Egyedi Gépgyárban. A plattírozást SANDVIK 3RE41 (0,03C, 24,5Cr, 12,5Ni, 0,78Nb) és 3R42 (0,03C, 21,0Cr, 10,4Ni, 0,60Nb) szalaggal végezték. A csonkot a Ganz MAVAG gyártotta, és hegesztette be a tartályba. Az elkészült tartályt a Láng Gépgyár hőkezelt. A modelltartály gyártását Fehérvári Attila szervezte.

### Bevont elektródák és fedőporok gyártása

1976-ban a Csepeli Fémművek és a VASKUT szerződést kötött ESAB és BOC elektródák, valamint ESAB fedőporok vizsgálatára a móri elektródagyár termékvalasztékának kialakítása céljából (8-2-865/76-77). A téma vezetője Fehérvári Attila volt.

A vizsgálatokkal meghatározták a technológiai tulajdonságokat (alkalmazhatóság különböző hegesztési

helyzetekben, beolvadási mélység, alkalmasság vékony lemez hegesztésére, résáthidaló képesség, alkalmasság, sarokvarratok hegesztésére, felületi rozsdára és egyéb szennyezésre való érzékenység, salakleválás, gyújtás könnyűsége, fröcskölés), a varratulajdonságokat (mechanikai tulajdonságok, repedésérzékenység), és a technológiai feltételeket meghatározó tulajdonságokat (varrat hidrogéntartalma, füstképződés, minimális üresjárat feszültség, szárítás szükségessége, hőmérséklete).

A technológiai feltételeket meghatározó tulajdonságok vizsgálatára Udvardi Tibor készüléket szerkesztett a diffúzióképes hidrogéntartalom mérésére, valamint a füstképződés mennyiségének és összetételének meghatározására. Saját mérések, valamint az egészségügyi előírások egybevetésével határozták meg a szellőztető ventilátorok teljesítményét a Metro Nyugati téri mélyállomás építéséhez.

A vizsgálatokban és/vagy az eredmények megbeszélésében részt vettek a hegesztést alkalmazó legjelentősebb hazai vállalatok, és intézmények szakemberei:

Gyenes József, Kopasz Lajos és Stitz Béla, Longa Péter (Csepeli Fémművek), Beck András (Csepeli Egyedi Gépgyár), Vízkeleti Kálmán (Vegyiműveket Építő és Szerelő Vállalat), Réthfalvi Ferenc (Kohászati Gyárépítő Vállalat), Domanovszky Sándor, Lehoczky Csaba és Konkoly Tege Csaba (Ganz MAVAG), Zsolgya Péter, Koltay Gábor (Láng Gépgyár),

Dr. Brenner András, Angyal Béla (Magyar Hajó és Darugyár), Stelleg László (Budapesti Vegyipari Gépgyár), Megyeri Béla (Magyar Vagon és Gépgyár, Győr), Székely Ferenc (Budapesti Kőolajipari Gépgyár), Pintér Bertalan (Április 4 Gépipari Művek), Scsaurszki Tamás és Hajagos János (Kőolajvezeték Építő Vállalat), Dömötör Zoltán (Csőszerelő Ipari Vállalat), Dr. Szokol György (EUROCOM), Dr. Konkoly Tibor, Dr. Bauer Ferenc és Dr. Bödök Károly (BME), Komócsin Mihály, Török Imre (NME), Szentiványi Ede (GTI).

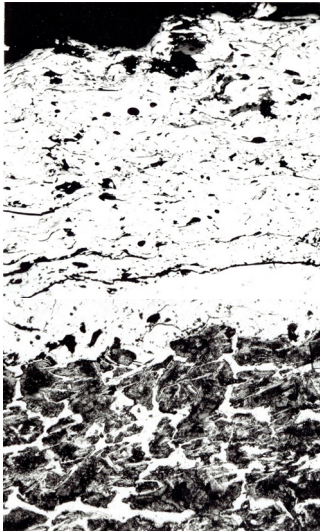
A téma eredményei alapján kezdődött meg a hazai elektróda és fedőporgyártás, amely a mai napig változatlan.

### Fémszórás

1976-ban a Papíripari Vállalat megbízásából a VASKUT (Fehérvári Attila) technológiát dolgozott ki a lábatlani gyáregységben működő gépsor 5010 mm átmérőjű és 4800 mm széles, öntöttvas szárítóhengerének felújítására. A felújítás azért vált szükségessé, mert a henger egyenetlen kopása a papír felületére átmásolódott.

Új szárítóhenger öntésére – a nagy méretek miatt – Magyarországon nem volt lehetőség, importja óriási költséggel és idővesztéssel járt volna, ezért a VASKUT más megoldást javasolt. Fémszórással végzett kísérleteket egy öntöttvas hengeren, amelynek eredménye a 8. ábrán látható. Az öntöttvasra mechanikus felületdurvítás után egy Mo átmeneti réteg, arra pedig egy 0,40% C, 12,8% Cr, 4,2% Mo tartalmú kopóréteg került.

Kiválasztották a fémszórás eszközeit, és meghatározták a technológiáját. A szárítóhenger felújítását kiszerezés nélkül, teljes sikerrel végezték el.



8. ábra: A fémszört réteg szerkezete

A szárítóhenger felújítása innovatív és eredményes munka volt, amelyért a megrendelő köszönőlevelet küldött.

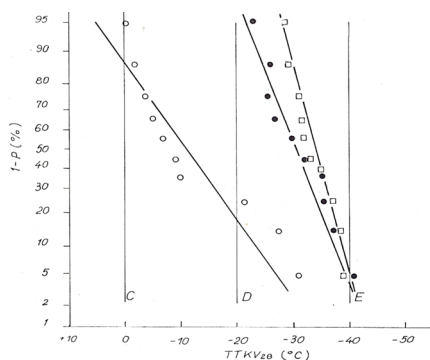
### Védőgázos huzalok gyártása

1977-ben a VASKUT szerződést kötött a Salgótarjáni Kohászati Üzemek által gyártott védőgázos huzalok (VIH-2) approbálására és minőségbiztosítására. (A gyártóberendezés 12 gépsorból állt, amelyet az SKÜ 1973-ban vásárolt meg az ESAB cégtől). A téma száma 8-2-919/77-80, a témavezető Fehérvári Attila és Udvardi Tibor volt.

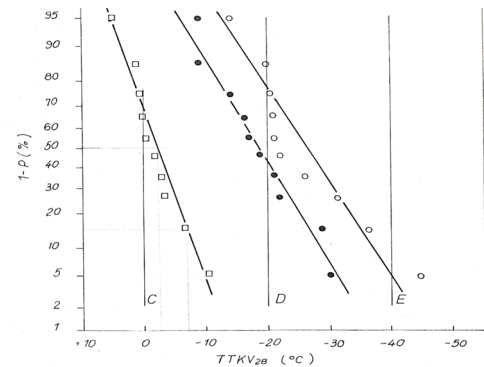
A VASKUT 10 adag felhasználásával készült ömledék és hegesztett kötés (12 mm) vizsgálatát végezte el. 1,2 mm átmérőjű huzallal 18 varratsorból álló ömledék és 4 varratsorból álló hegesztett kötés (160A), 1,6 mm átmérőjű huzallal 8 varratsorból álló ömledék és 2 varratsorból álló hegesztett kötés (380A) készült. A vizsgálati eredmények a 9. ábrán és a 10. ábrán láthatók.

Megállapítható, hogy a hegesztett kötések szívósabban – különösen a lágyacél alapanyag esetén – az ömledéknél (katalógusban szereplő adat).

1977-ben az intézet Vasipari Kutató- Fejlesztő Vállalattá alakult át. Fokozatosan gyártási tevékenységek szerveződtek: zagyvarónai telephely, permanens mágnesek gyártása.



9. ábra: 1,2 mm átmérőjű, VIH-2 huzalokkal hegesztett varratok átmeneti hőmérsékletének átlagértéke. Balról jobbra: ömledék, lágyacél hegesztett kötése, C+Mn acél hegesztett kötése



10. ábra: 1,6 mm átmérőjű, VIH-2 huzalokkal hegesztett varratok átmeneti hőmérsékletének átlagértéke. Balról jobbra: ömledék, lágyacél hegesztett kötése, C+Mn acél hegesztett kötése.

### Módszer és készülékfejlesztés a hegesztőanyagok technológiai tulajdonságainak vizsgálata

A hegesztőanyag-gyártás rekonstrukciójának keretében – egyéb tulajdonságok mellett – bevezettük a diffúzióképes hidrogéntartalom vizsgálatát, valamint a füst és gázfejlődés mennyiségének és összetételének vizsgálatát. A füstképződés mérése alapján határoztuk meg a Metro Nyugati pályaudvari mélyállomásának, majd különböző ipari csarnokok szellőztetéséhez szükséges ventilátorok teljesítményét.

### Kopásálló rétegek felrakó hegesztése

1977-ben a Magyar Vas és Acélipari Egyesülés megbízást adott a VASKUT számára kohászati berendezések gyártásánál és javításánál alkalmazott hegesztési technológiák fejlesztésére. (4-2-987/77-79). Témavezető Dr. Tóth Károly volt. Létrehozott egy technológiai példatárat a KGST Vaskohászati Állandó Bizottság által átadott technológiai műveletlapok felhasználásával. A műveletlapokat a felrakó hegesztőanyagok IIW csoportosítása (2. sz. melléklet) szerint rendezte. Ismertette a koptató vizsgálati módszereket és a különböző módszerekkel mért keménység kölcsönös átszámítását.

Egyidejűleg a VASKUT Ungvárszky Miklós által vezetett csoportja porbeles huzalokat gyártott – fedettívű eljárással történő – felrakó hegesztéshez (8-2-914/77-80). Részt vett a GTI által vezetett A-K6-2016-59 programban, amelyben porbeles szalagelektrodákat fejlesztettek ki felrakó hegesztéshez. A porbeles felrakó hegesztő huzalok és szalagok nagyrészt a Dunai Vasmű vásárolta meg és használta fel.

### Akusztikus emissziós vizsgálatok kezdete

1978-ban a KFKI- AEKI megbízásból akusztikus emissziós vizsgálatokba kezdtünk TPB próbatestekkel, Alpha 30Mp szakítógéppel. Saját eszközeinkkel mértük és regisztráltuk a lehajlást és a repedés kinyílását, a KFKI pedig az AE jelek gyakoriságát, amplitúdóját és csillapódását (oszcilláció). Ez volt az első lépés az AE vizsgálat meghonosításában.

## 1. sz. melléklet: Az első törésmechanikai kutatások

Saját „wide plate test” program (alapanyag: 52 kp/mm<sup>2</sup> szilárdságú szerkezeti acél, ER8 bevont elektróda, vizsgálati hőmérséklet: -20 °C).

A-A metszet	500		500		mérés
	t	t <sub>1</sub> / t	t	t <sub>1</sub> / t	
	20	0,3			$M_p(t)$ $\epsilon_c(t)$
	20	0,3			$M_p(t)$ $\epsilon_c(t)$ $\epsilon_c(t)$
	20 20	0,3 0,5			$M_p(t)$ $\epsilon_c(t)$ $\epsilon_c(t)$ $\sigma_c(t)$
	20 <sup>+</sup> 30	1 1	20	1	$M_p(t)$ $\epsilon_c(t)$ $\epsilon_c(t)$ $\sigma_c(t)$

+ hegesztési technológia változik / EB1, BBC 600+NE 5,  
AN 3/8 A + FMn 2, V 1 /  
hőmérséklet változik / -40 °C, +20 °C /

## 2. sz. melléklet: Felrakó hegesztőanyagok

Csoportosítás IIW szerint (1977)

	csoport	felrakott varrat vegyi összetétele	keménység
A	ötvözetlen acél	C: 0,4 % alatt	40 HRC
B		C: 0,4 % fölött	60 HRC
C	ausztenites mangánacél	0,5-1,2% C, 11-16% Mn	50 HRC
D	ausztenites króm-nikkel acél	13-30 % Cr, 5-25 % Ni, 1-8 % Mn, Ti/Nb	40 HRC
E	króm-acél	max. 2 % C, 5-30 % Cr, Mn, Ni, W, V, Mo	45 HRC
F	gyorsacél	0,6-1,5 % C, 4-6 % Cr, 1,5-1,8 % W, max. 3 % V, max. 10 % Mo, max. 15 % Co	62 HRC
G	nagy króm-tartalmú nyersvas	1,5-5 % C, 25-35 % Cr, max. 5 % W, max. 1 % V, max. 1,5 % Ti, max. 1,5 % B, max. 6 % Mn, max. 4 % Ni, max. 3 % Mo, max. 5 % Co	60 HRC
H	króm-wolfram hőálló acél	0,2-0,5 % C, 1-5 % Cr, 1-10 % W, 0,15-1,5 % V, max. 4 % Mo,	45 HRC
N	króm-wolfram tartalmú kobalt ötvözet	0,7-3 % C, 30-70 % Co, 25-33 % Cr, 3-25 % W, 6 % Fe, max. 3 % Ni, max. 3 % Mo	40 HRC
Qa	króm-bór tartalmú nikkel ötvözet	max. 1 % C, 65-85 % Ni, 8-18 % Cr, 2-5 % B, 2-5 % Si, 1-1,5 % Co	55 HRC
Qb	molibdén tartalmú nikkel ötvözet	max. 0,12 % C, 60-80 % Ni, max. 18 % Cr,	200 HB
P	zsugorított szemcséjű karbid hordozóanyagban	3 % C, 45 % W,	67 HRC

VASKUT porbeles huzalok fedettívű hegesztéshez (AN 348A, előmelegítés ötvözetből és mérettől függően: 200-400 °C)

jel	alkalmazás	vegyi összetétel	keménység
D-325-375	darukerekek, görgők	0,10-0,13 C, 1,7-2,5 Cr	HV 325-375
H-400	kohászati blokkosori hengerek	0,14-0,16 C, 5,5-6,0 Cr, 1,0-1,5 Mo, 1,0-1,5 W,	HV 370-420
H-500	meleghengerművi hengerek nagyolvasztó zárószervezet	0,26-0,29 C, 5,0-6,5 Cr, 1,0-1,5 Mo, 0,3-0,5 V, 1,0-1,5 W	HV 470-520
K-500		0,26-0,30 C, 5,0-7,0 Cr, 1,5-2,5 Mo, 0,3-0,5 V, 1,2-2,0 W	
H-55-60		0,30-0,34 C, 5,0-7,0 Cr, 2,0-3,0 Mo, 0,3-0,5 V, 1,5-3,0 W	HRC 55-60

VASKUT-GTI porbeles szalagelektrodák fedettívű hegesztéshez (AN 348A, előmelegítés ötvözetből és mérettől függően: 200-400 °C)

jel	alkalmazás	vegyi összetétel	keménység
PS-H1	meleghengerművi hengerek nagyolvasztó zárószervezet	0,27-0,28 C, 5,7-5,8 Cr, 1,2-1,3 Mo, 0,4-0,5 V, 1,4-1,5 W	HV 500-550
PS-K1		0,27-0,29 C, 5,7-5,9 Cr, 2,6-2,7 Mo, 0,3-0,5 V, 1,6-1,7 W	HV 550-600
PS-D1	darukerekek, görgők	0,12 C, 2,2 Cr,	HV 340-390
PS-B1	földgyaluk, markoló serlegek, markoló fogak	2,3 C, 2,2 Cr, 2,8 Mn, 0,5 Mo, 0,5 V, 0,3 W	HV 540-700