

Az utasnak áldás és békesség

Százhetven éves emlékmű a „tsinált út” emlékére

Jancsó Árpád

Temes megyei Út- és Hídépítő Vállalat, Temesvár

Tájainkon a múlt század elejéig kevés gondot fordítottak az utakra. Előbb a megyék kezdeményezték a nyáron porfelhőbe fulladt, télvíz idején sárba ragadt utak rendbehozatalát és járhatóvá tételét, de nagyobb sikert csak a közmunkákról szóló törvény meghozatala hozott.

„Az alföldi országutak abban különböztek a mezőtől, hogy az országút két oldalán árok volt, melynek kiásott földjét, vagyis jobban mondva sarát a középre hányták, és ezzel készen volt az országút” – írja Dr. Berkeszi István Temesvár szabad királyi város 1900-ban megjelent monográfiájában. Eső után néhol akkora kátyúk keletkeztek, hogy a társaskocsi derékig süllyedt. Temesvár közvetlen közelében is többször megtörtént, hogy a sárba süllyedt kocsit az utasok nem tudták kihúzni, s ha későre járván az idő segítség nem érkezett, bizony a kocsiban kellett tölteniük az éjszakát.

II. József császár 1768-ban a bánsági utakról azt írta, hogy azokat „maga a természet alkotta”.

Széchenyi István 1830-ban a „Hitel”-ben így ír az akkori útviszonyokról: „Az ország sok tájéka zsíros, fekete vagy ragadó agyag földéken ásatik 5-6 ölre egymástól két mély árok, s az áldott termékeny föld árkok közé domboltatik fel, száz meg száz szekér, ezer meg ezer ember mozog, s a ráfordított fizikai erő iszonyú... Ki kisedkorától fogva ilyen manipulációkhoz nem szokott, azt gondolná, hogy a lakosok valamely igen nehéz fogamzású plánta alá készítik el a helyet, s bámulva értené, hogy a munkások képzeletük szerint országutat készítenek, mely minden tréfán kívül hazánkban sok helyen búza alá alkalmasabb lenne, mint utazók és társzekerek számára.”

A maró gúnnyal megfogalmazottakat alföldi útjainkról, a múlt századi utas eképpen foglalja össze csattanós latin nyelvű versikéjében: „*lutum ponunt supra lutum, et hoc nominant országutum*” (agyagot tesznek agyagra, s ezt nevezik országútnak).

Ezért ne csodálkozzon senki sem azon, hogy mekkora esemény lehetett 1831-ben a Szakálházát Temesvárral összekötő út kövezése. Annyira fontos, hogy a nagy munka befejeztével emlékművet állítottak megköszönve a Fennvalónak, hogy sikerült legyőzniük a mindent elnyelő agyagot.

Az öt méter magas obeliszk, csúcsán a feszülettel, megadóan tűri az idők viharait, s azt, hogy az alföldön átsüvíto szél morzsolgassa, csiszolgassa homokkő testét.

A szöveget ifj. Lád Károly városi mérnök másolta le 1917-ben a Történelmi és Régészeti Társulat számára.

Szerencsénkre, mert pár év múlva talán már csak egy-egy szót is alig lehet majd megfejteni.



A Temesvár–Zsombolya út kövezésének befejezésekor emelt emlékmű – 1835

Pedig érdemes lenne dédapáink üzenetét olvasni, s talán okulni is belőle. Érdemes lenne több gondot fordítani erre, a maga nemében egyedülálló műemlékre, érdemes lenne minél több embertársunknak bemutatni. Hiszem és vallom, hogy felveszi a versenyt a római kor híres mérőföldköveivel, a milliariumokkal, a Szentpétervár környékén a még fellelhető „verszt” jelzőkkel, a szászországi Postmeilensäulekkel (mennyire becsben tartják a bautzeni postamérőföldkövet!), a horvátországi Károlyvárosból kiinduló József út sokat fényképezett, az út kiinduló-pontján felállított „miljokaz”-zal. Igaz, a szakálházi emlékmű nem jelzi a távolságokat, de az alföldi útépítés kezdeteinek állít olyan emléket a nemesen egyszerű építmény, amilyent nem találhatunk hetedhét országon. Ugyanis felirata latinul, s az itt élő nemzetiségek mindegyikének anyanyelvén szól a mellette elhaladóhoz.

A magyarul tudókhöz eképpen szól a felirat:

V.-ik Ferdinand magyar királynak első évében eme járhatatlan út helyre állítatván Istennek ditsőség, – királynak hívség, – hazának szeretet. Embernek betsület. – Az utasnak áldás és békesség.

A latin nyelvű szöveg a vármegye, a város előjáróit, valamint egyházi méltóságokat sorol fel, akiknek ilyen vagy olyan módon közük volt a nagy munkához:

Monumentum hocce fraternae charitatis.

Undavit erexitque Ioannes. Kövér de Réthát processualis ord: indlium et quamplurimi Szakálházi- enes accolae...

Antonio Török eppiscopi Csanádensis-

Andrea Schneller-supremi armorum praefecti. –

Francisc Mumr de Mühlheim fortalitti com- dantis Ladislo Muslai de Boros Jenő cot. s. ord.:

V.: comitis Thome Bedekovich de Komor coalis administratoris Josepho Klapka-civitatis consulis munia tementibus.

Az archaikus nyelvezetű román szöveg:

Queste cruce christinasca aqqui éste rádicat intr'un', multiemire alta la Creator dedicatche póturó prin sudoare lutól questo a patri Sakálházás in socié co Beregzon romani.

Magyar fordítása: *Ezen keresztény keresztet a Teremtőnek ajánlva emltek köszönetképpen azért, mert a hon eme agyagát bírák izzadsággal a Szakálháziak együtt a Beregszói románokkal.*

Németül olvasva a következőket tudhatjuk meg:

Geneihet von bischofl: Secretaire Johann Maior den November 1831 bey beendingung der im Jahre 1830 durch Oberstuhlr: Johan V. Kövér und Stuhlrichter Ezekiel. V. Mesko de Felső Kubin gegründeten unter Aufsichichy der Notairen: Paul Melden und Steph: Bogdan dann Wihl. Müller, Peter Molitor, Joh. Wezler, Math: Uitz ud Math. Weisenbohr von Szakálházás's und Beregszó's Bewohnern gevirkten Plasterung.

Magyarul: *Felszentelve 1831 novemberében, Johann Maior püspöki titkár által, az 1830-ban, Johann V. Kövér járási főbíró és Felsőkubini Ezekiel V. Mesko járási bíró kezdeményezésére megkezdett útkövezés befejezésekor, melyet a Szakálházi és Beregszói lakosok végeztek Paul Melden és Steph: Bogdan jegyzők, majd Wihl, Müller, Peter Molitor, Joh. Wezler, Math: Uitz és Math. Weisenbohr felügyelete alatt.*

Nagy dolog volt akkoriban szekereken ekkora mennyiségű kőanyagot szállítani az út „tsinálására”. A kövezett utat több ízben is megemlítik a kor utazói. Például I. G. Kohl németországi utazó is, aki kellemes előzékenységnek találja, hogy a társaskocsi az utasok kényelmére a szálloda udvaráig begördül. Csak be kell szállni... „A jármű elindul, de utazónk csakhamar ráeszmél arra, amit a bántási utakról hallott: két árok közé zárt feneketlen sár” említi Schiff Béla a német utazó élmé-

nyét, majd idézi a temesvári vendéget: „Ezt a definiót különösen estefelé igen megfelelőnek talál- tuk, amikor ugyanis a Temesvárról kiinduló csinált út utolsó nyomait is rég elhagytuk: járműünk éber kocsisunk örökös kiabálása és szegény, elhajszolt lovaink heroikus erőlködése ellenére is csigalassúsággal kúszott tova az iszapban...”

Az első világháború után az emlékművet fehérre meszelték. Idővel ez lepattogott, s újra láthatóvá váltak a feliratok. A hetvenes években még olvas- ható volt a négynyelvű felirat. Az utolsó pár esz- tendő azonban főleg a magyar feliratot semmisítette meg. Az időjárás viszontagságának legjobban kitett oldalon a homokkőből készült emlékmű nagy felü- lete levált, a földre hullt és széttöredezett.

A Temesvári Közüti Igazgatóság a nyolcvanas években a talapzatra a következő román feliratú márványtáblát helyezte: „A Temesvár–Zombolya út kövezésének befejezésekor emelt emlékmű, 1835”. Az eredeti szöveggel való összevetéskor apró pontatlanságot vehetünk észre, de ez eltörpül a jó szándék mellett. Az igazgatóság emberei ekkor építették ki az emlékmű melletti parkolót is.

Mivel a homokkő egyre gyorsuló morzsolódásá- nak következtében a szöveg sok helyen már alig olvasható, nem lenne rossz megoldás, ha az em- lékmű aljának oldalát időtálló kőlapokkal burkol- nánk, melyre felvésnék az 1831-es négynyelvű fel- iratot.

Ha a múlt század elején, akkor, amikor még „nem volt megoldva a nemzetiségi kérdés”, találtak helyet és pénzt arra, hogy négy nyelven kívánjanak „áldást és békességet” az utazónak, most, amikor trappolunk-(nánk) Európába, vajon nem találánánk?

Irodalom

1. Schiff Béla: Régi idők, régi emberek. Temesvár; 1941.
2. Dr. Nicolae Ilieşiu: Timişoara – Monografie istorică vol. I. Timişoara, 1943.
3. Jancsó Árpád: Az utasnak áldás; in: Regelli Délvilág. Szeged, 1993. jan. 30.
4. Jancsó Árpád: Un monument unic în cinstea drumarilor bănăţeni; in: Drumuri – poduri Nr. 47; Bucureşti, 1999.
5. Dr. Berkeszi István: Temesvár szabad királyi város kis monográfiája. Temesvár; 1900.

Nagysebességű vasút és a környezetvédelem

Dr. Köllő Gábor

Kolozsvári Műszaki Egyetem

A XXI. sz. küszöbén a vasút reneszánszát éli. Nagysebességű vasútvonalak hálózják be Nyugat-Európa országait, megteremtve azt, amit nagysebességű vasúti hálózatnak nevezhetünk. Franciaországban, Németországban, Spanyolországban, Olaszországban, Angliában a 200 km/h átlagsebesség már megszokott, normális utazási sebességnek számít.

Nagysebességű vasútnak nevezi a vasúti szakirodalom a legalább 250 km/h sebesség elérésére alkalmas vasúti pályát, a hozzá tartozó berendezésekkel és járművekkel valamint megfelelő karbantartási kapacitásokkal. Ennek két változata alakult ki: a csak személyszállításra berendezett (Franciaország, Spanyolország, Japán) és a vegyes forgalomra is alkalmas nagysebességű vasút (Németország, Olaszország). A csak személyszállításra berendezett pálya üzeme egyszerűbb, a vonalvezetés rugalmasabb, gazdasági mutatói erősen függenek a személyszállítás fizetőképes keresletétől.

Egy nagyon fontos dolgot tudnunk kell, azt, hogy ezeknek a pályáknak a felépítménye azonos a klasszikus vasúti pályafelépítménnyel: kavicságyazat, keresztaljak és hézagnélküli sínek. Nagysebességű vasúti közlekedésre ott lehet szükség, ahol nagyobb utastömegek gyors eljutását kell megoldani jelentősebb csomópontok között. A repüléssel szembeni versenyképesség szempontjából fontos, hogy a vonatoknak legyen megállási helye a nagyvárosok központjában lévő pályaudvarokon és a nemzetközi forgalmú repülőtereknél, míg a gépkocsi közlekedéssel szemben a versenyképességet a pályaudvari autóparkoló, a jó metrókapcsolat és az autónál jobb utazási komfort, rövidebb utazási idő és sokkal nagyobb biztonság jelenti. A vasúton az utazási idő kisebb kell legyen mint a gépkocsival elérhető utazási időnek a kétharmada ha a gépkocsi átlagsebességét 90 km/h-ra tételezzük fel. A közepetávú repülés gépkocsi és nagysebességű vasút összehasonlítását az utazási idő és a sebesség függvényében az 5. ábrán láthatjuk. A távolság és az utazási idő szempontjából két motívum a meghatározó: az üzleti élet és a szabadidő eltöltése. Az üzleti életben annak van jelentősége, hogy egy napon belül lehessen elintézni az ügyes-bajos dolgainkat oda-vissza utazással együtt. Ez az időintervallum 9-12 óra között mozog. Ebből 2/3 az utazásra 1/3 az ügyintézésre fordítható. A szabadidő eltöltése a hétvégi és a nyári-téli hosszabb kikapcsolódásból áll közlekedési szempontból. A hétvége nem visel el hosszabb utazási időt, mint az üzleti utaknál látható, csupán nyaralásnál lehet maximum a kétsze-

resét figyelembe venni az üzleti utaknál előírányozottnak (szélső esetben 8 óra). A nagysebességű vasúttal ésszerűen áthidalható távolságok az előbbieket figyelembevételével, valamint a választott rendszertől függően 600-1200 km. Romániában a legtávolabbi nagyobb települések 900 km-nél közelebb vannak. A nagysebességű vasúti pályák tervezésénél és építésénél ha az utazási sebességet 150-200 km/h sebességre tervezzük, akkor a pályasebesség 200-250 km/h kell legyen. Ha ezeknek a pályáknak a kiépítése elkezdődik (valamikor ??) Közép és Kelet-Európában is, a vasútnak vonalvezetésének követnie kell az európai közlekedési folyosókat (Helsinki folyósók).

Ha Romániában eljön az ideje nagysebességű vasútvonalak építésének és ezeket a jelenlegi vonalakon próbálják megvalósítani, akkor nagyon komoly pályakorrekciót kell alkalmazni elég hosszú szakaszokon. Sok esetben teljesen új szakaszokat kell majd megépíteni, továbbá a vasúti hidak felújítására, korszerűsítésére is komolyan kell gondolni.

A közúti közlekedés beláthatatlan környezetkárosító jellege állította ismét a figyelem középpontjába a nagysebességű vasúti közlekedést, miközben az is beigazolódott, hogy makrogazdasági szinten vizsgálva a közlekedési ágakat, a vasút a leggazdaságosabb és leginkább környezetkímélő tömegközlekedési és áruszállításra alkalmas eszköz.

A Földünk véges nem csak energiakészlete hanem szennyezés tűrő képessége miatt is. A villamosított vasúti közlekedés a legkörnyezetkímélőbb közlekedési rendszer amit eddig ismernek. A vasúti közlekedés nemcsak gyors, biztonságos és kényelmes, hanem környezetbarát is. Az itt elmondottak bizonyításául a következőkben bemutatok néhány diagramot, grafikont amely alátámasztja állításaimat.

Egy utaskilométerre a környezetkárosító anyagok amit a különböző közlekedési eszközök kibocsátanak, a következőképpen oszlanak meg:

repülőgép	386 gramm környezetkárosító anyag
közúti járművek	12 gramm környezetkárosító anyag
vasúti szerelvények	0,6 gramm környezetkárosító anyag

A vasút:közút levegő szennyezésének mértéke:

CO ₂ (széndioxid)	vasút : közút 1:29
SO ₂ (kéndioxid)	vasút : közút 1:11
CO; NO ₂ ; ólomszennyeződés	gyakorlatilag elhanyagolható a vasútnál.

károsító anyag	személy- gépkocsi	repülőgép	ICE vo- nat
CO ₂ (kg/100 utaskm)	14,1	17,1	4,2
CO (g/100 utaskm)	552	53	1
HC(g/100 utaskm)	81	14	0
NO _x (g/100 utaskm)	121	72	5
SO ₂ (g/100 utaskm)	7	8	6

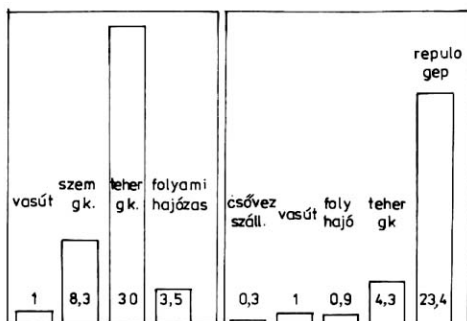
1. táblázat

Németországban a közlekedési ágazatok
100 utaskilométerenként kibocsátott
környeztkárosító égéstermékének mennyisége.

Biztonság vasút:közút:

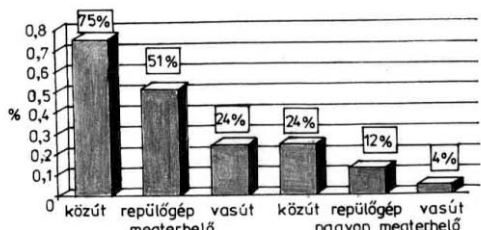
a fajlagos halálos balesetek aránya a közúti közlekedéshez képest	1:21
sérüléss baleseteké	1:129

az 1, 2, 3, 4 ábrán látható diagrammok a vasút
környeztkímélő voltát és előnyeit szemléltetik.



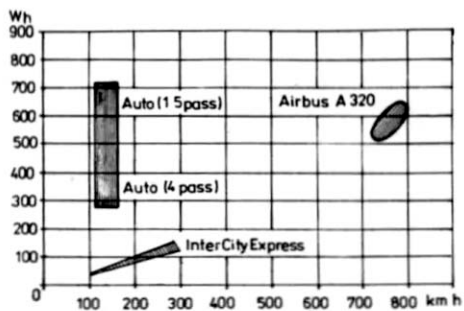
A környeztkárosító kipufogógázok és az áruszállítás primer
üzemanyagfelhasználásának közlekedési ágankénti arányai.

1. ábra



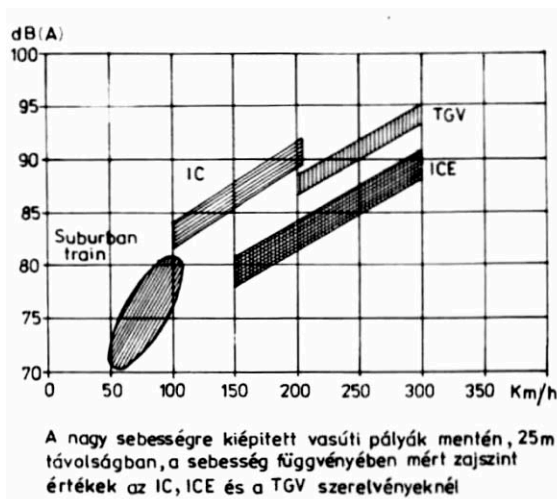
A német vasút által okozott zajterhelés viszonya a többi
közlekedési ágazathoz képest.

2. ábra



Az autó, a repülőgép és a német ICE nagy sebességű
vonat egy ülőhelyre és kilométerre vonatkoztatott
fajlagos üzemanyag-felhasználása

3. ábra

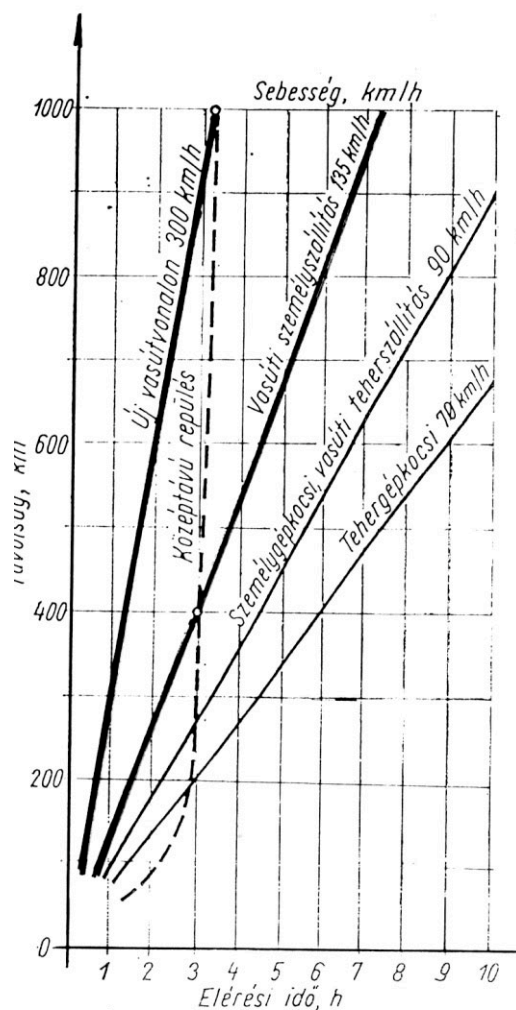


A nagy sebességre kiépített vasúti pályák mentén, 25m
távolságban, a sebesség függvényében mért zajszint
értékek az IC, ICE és a TGV szerelvényeknél

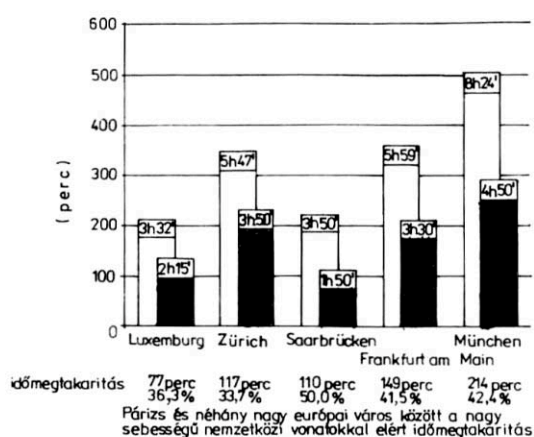
4. ábra

Lássuk most a nagysebességű vasúti közlekedés
napjaink embere számára a legjelentősebb előnyét
és pedig a távolságok lerövidítését, vagyis az idő-
megtakarítást és a különböző közlekedési rendsze-
rek összehasonlítását a távolság és az idő függvé-
nyében.

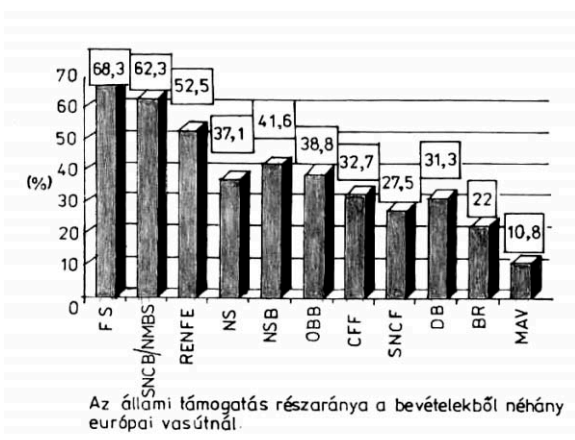
(5, 6, 7 ábrán látható diagrammok)



5. ábra



6. ábra



7. ábra

A 2. táblázat a Kárpát-medence és környéke jelentősebb települései közötti eljutási időket foglalja magába. (ez persze a jövőre vonatkozik).

Az itt található adatok egységesen csak 200 km/h utazási sebességgel számoltak ami legalább 250 km/h pályasebességnek felel meg. Egy példa ami jellemző térségünkre. Bukarest Prága közötti eljutási idő ma 26 óra és 28 perc. Egy nagy sebességű vonattal ez 7 óra és 27 perc lenne.

2. táblázat

Viszonylat	Távolság (km)	Eljutási idő (óra, perc)	
		nagysebességű	hagyományos
Budapest–Bécs	273	1,22	2,25
Budapest–Pozsony	215	1,04	2,38
Budapest–Bukarest	874	4,22	18,35
Budapest–Belgrád	374	1,52	6,25
Budapest–Zágráb	362	1,49	6,03
Budapest–Ljubljana	508	2,32	8,15
Budapest–Prága	618	3,05	7,53
Budapest–Berlin	993	4,58	12,45
Budapest–Varsó	875	4,22	10,44
Budapest–Szófia	806	4,02	20,15
Budapest–Róma	1382	6,55	18,30
Budapest–Bern	1245	6,14	14,42
Budapest–Kassa	272	1,22	4,12

Budapest–Krakkó	585	2,56	10,10
Budapest–Lvov	607	3,02	22,00
Budapest–Kolozsvár	400	2,00	7,25
Budapest–Brassó	708	3,32	10,49
Budapest–Thessaloniki	1176	5,53	22,56
Budapest–Istanbul	1457	7,17	32,35
Bukarest–Prága	1490	7,27	26,28

Szembetűnő a vasút környezetkímélő előnye a többi közlekedési ágazatokhoz képest. Valószínűleg ezek az adatok is hozzájárultak, hogy a fejlett Nyugati országok kormányai az állami vasúttársaságokat jelentős összegekkel támogassák (7 ábra). Németországban, Franciaországban, Spanyolországban, Nagybritanniában és a Skandináv országokban kiemelt vasúti cél-feladat lett a nagysebességű vasúthálózatok kiépítése illetve bővítése és a nagysebességű környezetkímélő vasúti járműpark kialakítása.

A csatorna alagút átadása után a németalföldi országokban a Francia TGV rendszerű nagysebességű vasúti közlekedés kiépítése kezdődött el. Párizsból a THALYS Expresszek már Brüsszelig, 2002-től már Amszterdamig járnak majd. Az EUROSTAR szerelvények pedig minden képzelet felülmúlva 310 km/h átlagos menetsebességgel röptetik utasaikat Párizsból Londonba. A nagysebességű vasúti közlekedés kifejlesztése a személyszállítás versenyképessége mellett az áruszállításban is óriási lehetőségeket kínál. Ennek pedig a környezet védelmére gyakorolt kedvező hatásai a fejlett országokban az ún. RO-LA=gördülő országút szerelvények közlekedése révén biztosított. A RO-LA szerelvényekkel 1996-ban már 83000 nagy rakodóterületű közúti tehergépkocsi kelt át az Alpok Brenner-hágóján. A RO-LA szerelvények már a XXI. sz. közlekedését vetítik elének.

Európában az emberek mindenütt egyre erőteljesebben követelik – jogosan – a biztonságos és környezetbarát közlekedési rendszert. A következő századokban ez lesz a vasút.

Felhasznált irodalom

1. Halmos Benedek: Nagysebességű vasút, Közlekedéstudományi szemle, 1998. január XLVIII. évfolyam
2. Orosz Károly: A sebesség és a környezetvédelem. Közlekedéstudományi szemle, 1999. május XLIX. évfolyam
3. Köllő Gábor: Vonattal két évszázadon keresztül? ÉPKÓ 2000. Csíksomlyó, június 2-4.

Hazai szenzorok a klinikai laboratóriumokban

Dr. Kormos Fiammetta, Dr. Végh Péter

Kémiai Kutatóintézet, Stabil Izotóp és Molekuláris Technológiai Kutatóintézet
Kolozsvár

A testnedvekben előforduló, fiziológiailag fontos anyagok mennyiségét pontosan, könnyen és olcsó műszerek segítségével határozhatjuk meg elektrokémiai szenzorokat alkalmazva. Ezek gyors és hasznos információt szolgáltatnak a betegség diagnosztikálására. Bemutatunk néhány hazai készítésű és a klinikai vizsgálatokban használt szenzort.

A laboratóriumi vizsgálatok eredményeinek helyessége nagy jelentőségű az ember egészségének megőrzése vagy a beteg ember gyógyulása szempontjából. Ezek a vizsgálatok legtöbbször a testnedvekben előforduló, biológiailag fontos anyagok mennyiségét határozzák meg kémiai vagy biokémiai úton. Ezek egészséges ember esetén bizonyos normálértékeknek (1. táblázat) nevezett határok között mozognak. A klasszikus meghatározások bonyolultak, munka- és időigényesek, sok vegyszert használnak fel. Az újabban elektrokémiai szenzorokkal végzett műszeres analízis sokkal gyorsabb és pontosabb [1].

Testnedv	pH	Na ⁺ mM/L	Glükóz mM/L	Karbamid mM/L
Vérszérum	7,3 - 7,4	133 - 147	3,6 - 6,2	2 - 9
Vizelet	5,2 - 5,8	50 - 100	< 2	400 - 600 / 24 óra
Gyomorsav	1,1 - 2,6	-	-	-
Nyál	5,6 - 7,6	-	-	-

1. táblázat

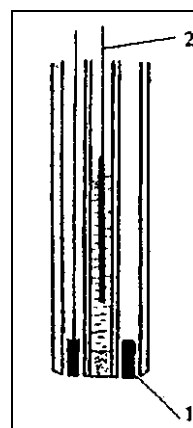
Testnedvekre jellemző normálértékek.

A klasszikus módszerekkel csak 'in vitro' (a mintákat biológiai folyadékokból vagy szövetfelületről vételezik) körülmények között dolgozhatunk. A műszeres analízissel meghatározásokat végezhetünk 'in situ' körülmények között (amikor a mintát természetes helyén) vizsgáljuk. Ezenkívül előnyük, hogy segítségükkel folyamatos mérések is megvalósíthatók [2].

Az általunk kifejlesztett szenzorok (ionszelektív elektródok vagy bioszenzorok) potenciometriás mérésekre alkalmasak. A bioszenzorok olyan érzékelők, amelyek esetében egy ionszelektív vagy redoxi érzékelő felületét egy hatáspecifikus katalizátort, pl. enzimet tartalmazó membránnal borítottak be. Potenciometriás meghatározásaink során a jelző – valamint a vonatkozásielektródot és elektrolitként a biológiai folyadékot tartalmazó cella elektromotoros erejét (E) mértük. A jelzőelektród potenciálja követi a vizsgált anyag koncentrációváltozását. Az elektródok pontos működését a biológiai rendszerekben, úgy biztosítottuk, hogy hitelesítésüket a standard oldatokkal rövidebb időközben megismételtük.

Szenzoraink bemutatása

A H⁺ - szelektív elektród (1. ábra) egy antimón lap alkú, félmikro (érzékelő felületének mérete 0,1 – néhány mm között), kombinált típusú elektród (a jelző – és a vonatkozási elektród egybeépített).

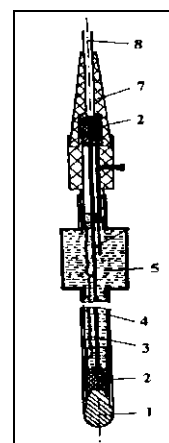


1 ábra.

H⁺ - szelektív elektród

1 – antimóngyűrű, 2 – ezüst referens elektród

A gyomorsav pH – nak mérésére alkalmas elektród szintén antimónelektród, de különleges kiképzésű (2. ábra).

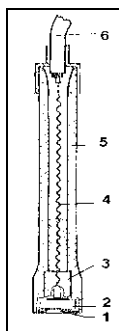


2 ábra.

Gyomorsav pH – elektród

1 – antimón, 2 – epoxigyanta,
3 – selyemfonal, 4 – hajlékony műanyag cső,
5 – KCl oldat tartály, 6 – ezüst szál,
7 – zárófej, 8 – kivezető kábel.

A Na^+ - szelektív elektród (3. ábra) egy Pt, vagy Ag lemezből áll, amelyet egy kalixarént tartalmazó PVC membránnal borítottunk.



3 ábra.

Felületi membránnal módosított elektródok

- 1 – membrán,
- 2 – ion – szelektív vagy redox elektród,
- 3 – szilikongyanta, 4 – rézhuzal,
- 5 – PVC cső, 6 – kivezető kábel.

A glükóz – bioszenzort (3. ábra) egy SnO_2 – film alapú félvezető redoxi érzékelőn ($\Phi = 3$ mm) építettük ki. A félvezető filmen glükózoxidáz és peroxidáz elegyét cellulózacetát membránban rögzítettük.

A karbamid – bioszenzor (3. ábra) egy wolfram ($\Phi = 4$ mm) H^+ - szelektív elektródon alapszik, melynek felületét ureáz tartalmú cellulózacetát membránnal vontuk be [5].

Az általunk kifejlesztett szenzorok sajátosságait a 2. táblázat tartalmazza.

Jellemző tulajdonságok	Elektródok				
	H^+ - Sb	H^+ - gyomor	Na^+	Glükóz	Karbamid
Liniáris működési tartomány (pc)	2 - 11	1 - 10	1 - 4	2 - 4	1 - 3
Érzékenység (S)	54	52	54	47	50
Válaszidő (min)	1	1	3	10	5
Pontosság (\pm pc)	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1
Stabilitás	2 év	1 év	45 nap	12 nap	15 nap

2. táblázat

Klinikai laboratóriumokban használatos elektródok sajátosságai.

Megjegyzések: $\text{pc} = -\lg [c]$, ahol c bármelyik anyag mólkonzentrációja;

$S = \Delta E \text{ (mV)} / \Delta \text{pc}$; a stabilitás a bioszenzorok esetében az a periódus, amely alatt nem szükséges az enzimatisz membrán megújítása, míg az ionszelektív - elektródok esetében, újrathitelesítés és a referenciaelektród elektrolitjának pótlása mellett használható.

Alkalmazásuk a klinikai laboratóriumokban.

Szenzorainkat vérszérumban, gyomorsavban, nyálban, vizeletben található H^+ , Na^+ , glükóz és karbamid mennyiségi meghatározására használtuk fel. A különböző módszerekkel, elektródokkal nyert eredményeket, összehasonlítva tárgyaltuk.

A lap alakú, félmikro kombinált – antimón-elektródot a nyál és vizelet pH – jának 'in vitro' meghatározására használtuk. Az eredményeket összehasonlítottuk az üvegelektród által adott értékekkel (3. táblázat). Nem tapasztaltunk 0,02 pH – nál nagyobb eltéréseket. A félmikro antimón-elektród előnye, hogy néhány ml helyett elégséges egy 25 μl térfogatú minta.

Minta	in vitro		in situ
	pH - Sb elek.	pH - üveg elek.	pH - Sb elek.
1	5,06	5,04	5,06
2	6,26	6,25	6,28
3	6,94	6,92	6,93

3. táblázat

A nyál pH-nak meghatározása.

A nyál [6] esetében az antimón-elektróddal 'in situ' méréseket is végeztünk. Párhuzamosan mintákat vételeztünk az 'in vitro' meghatározásokhoz. E két típusú mérés eredményei között nincs nagyobb eltérés mint 0,02 pH.

A gyomorsav pH – ját 'in situ' körülmények között mértük. Ezeket a méréseket egy üvegelektróddal működő Radiométer pH-mérő és egy sajátkészítésű antimón-elektróddal felszerelt pH-mérővel [7] végeztük. A két pH érzékelőt egyidőben a szondán keresztül vezettük a gyomorba. A két pH érzékelőt jellemző adatokat a 4. táblázatban találjuk meg.

Sajátosságok	Antimón elektród	Üvegelektród
jelzőelektród átmérője (mm)	3	4,5
pH érzékelő hossza (mm)	10	25
vonatkozási elektród típusa	Ag / AgCl	Ag / AgCl
lineáris működési tartomány (pH)	1 - 10	0 - 12
pontosság (pH)	0,1	0,05
válaszidő (sec)	120	100
elektrolittartály térfogata (mL)	20	0,03

4. táblázat

A gyomorsav pH-ját 'in situ' körülmények között mérő szenzorok sajátosságai

Az üvegelektród hátrányai a Sb-elektróddal szemben: méreteiben nagyobb és kisebb mechanikai ellenállással rendelkezik. Ellenben az üveg-

elektród nagyobb pontossággal és szélesebb pH – tartományban mér. A Sb–elektród előnye, hogy kisebb méretű és mivel nagyobb elektrolittartállyal rendelkezik, hosszabb ideig használható folyamatos mérésekre.

A Na^+ , glükóz- és karbamidelektródokat vizelet és vészérum analízisében alkalmaztuk. Mérési eredményeinket a klasszikus eljárásokkal meghatározott értékekkel hasonlítottuk össze. Ezek maximum 0,3 mM eltérést mutatnak, tehát jó összhangban vannak.

Ma már, a klinikai laborvizsgálatok során, általánosan használt a tesztsíkós eljárás vagy a lángfotometrián alapuló készülékek használata. Ezekkel szemben, a szenzorokkal végzett meghatározások előnyösek, mert pontos eredményeket biztosítanak, de nem szükséges drága műszer beszerzése. A fent említett szenzorokkal való meghatározásokhoz teljesen elégséges egy $\pm 0,1$ mV pontosságú mV – mérő.

Irodalom

1. Gion G.: Labordiagnosztikai lehetőségek a gyakorló orvos számára. Medicina Budapest, 1992.
2. Havas J.: Ion – és molekulaszелеktiv elektródok biológiai rendszerekben. Akadémiai Kiadó Budapest, 1980.
3. Sjöberg F., Gustafson U., Tibbling L.: Alkaline oesophagal reflux, an artefact due to oxygen corrosion of antimony pH electrodes. Presse Medicale, 21, 1084, 1992.
4. Kormos F.: Pantea C.: Félvezető redoxi szenzor. Magyar Kémiai Folyóirat, 105, 379, 1999.
5. Kormos F.: Reghini D.: Influența metalelor grele asupra funcției de transfer a biosenzorului pentru determinarea ureei. Rev. Chim. 50, 629, 1999.
6. Abelson D. C.: Mandel I. D.: The effect of saliva on plaque pH in vivo. J. Dent. Res. 60, 1634, 1981.
7. Hopirtean E., Kormos F., Tarsiche I., Roman M.: Determination of pH in gastric juice with an Antimony electrode using the mathematical modelling of the electrode function. Chem. Anal. (Warsaw), 42, 95, 1997.

Polimeráz láncreakció a géntechnológia nélkülözhetetlen eszköze

László Éva

Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Kolozsvár

A polimeráz láncreakció (PCR) napjaink molekuláris biológiai (genetikai) kutatásának nélkülözhetetlen eszköze, amely forradalmasította nemcsak a géntechnológiában addig használt módszereket, de a molekuláris biológia szemléletét is. Jelen dolgozat ismerteti a PCR elvét, technikai kivitelezését, valamint a PCR néhány alkalmazási területét, elsősorban molekuláris biológiai kutatás és diagnosztika terén.

Bevezetés

A polimeráz láncreakció (Polymerase Chain Reaction – PCR) segítségével lehetőség nyílik a DNS specifikus megsokszorozására. A módszer annyira érzékeny, hogy akár egyetlen DNS molekulából kiindulva, a további vizsgálatokhoz elegendő mennyiségű DNS-t lehet előállítani.

A polimeráz láncreakció elvi lehetőségét Khorana már 1971-ben felvetette, de a PCR technika kidolgozása Kary Mullis érdeme. 1984 óta a PCR technika forradalmasította a molekuláris biológiai kutatásokat és a kutató laboratóriumok nélkülözhetetlen eszközévé vált.

Napjainkban széles körben használják a kutatásban, az orvosi diagnosztikában, a kriminalisztikában, az őslénytanban, a régészetben, az evolúció molekuláris szintű vizsgálatában stb. A PCR technikához szükséges DNS minta nagyon változatos forrásból származhat. A minta lehet emberi, állati, növényi, bakteriális vagy virális eredetű. Elegendő egy csepp vér, egy hajszál, egy néhány sejtből álló szövetdarab ahhoz, hogy a PCR-hez megfelelő mintát lehessen előkészíteni. A minta kora, sőt, a tisztasága sem bír különösebb jelentőséggel. Több millió éves kövületekből is sikerült DNS-t kinyerni PCR segítségével.

A dolgozat ismerteti a PCR technika főbb alkalmazásait a molekuláris biológiai kutatások, valamint az orvosi diagnosztika terén. Fontos kihangsúlyozni azt a tényt, hogy a PCR technika a biológiai tudományok minden területén alkalmazható, megbízható, pontos és gyors eredményeket biztosít.

1. A DNS molekula felépítése és replikációja

A DNS (dezoxiribonukleinsav) molekula két egymással szemben elhelyezkedő polinukleotid láncból épül fel, amelyek egy képzeletbeli közös tengely körül spirálisan feltekerednek, létrehozva a kettős szálú DNS-re (ds DNS – double stranded DNA) jellemző α -hélixet. A hélix egy csavarulata 3,4 nm, és csavarulatonként megközelítőleg 10 bázispárt tartalmaz. A DNS bázisai lehetnek purinbázisok, guanin és adenin és pirimidinbázisok, timin és a citozin (1,2). Annak ellenére, hogy a különböző bázisok sorrendje a DNS szálon belül eltérő,

a dsDNS átmérője állandó, 2 nm, ugyanis az egyik szál purin bázisa mindig a másik szál pirimidin bázisával kapcsolódik és fordítva. Így adenin-timin, timin-adenin, citozin-guanin, guanin-citozin bázispárosodások jöhetnek létre, vagyis a két szál egymással komplementer (1,2,3,4).

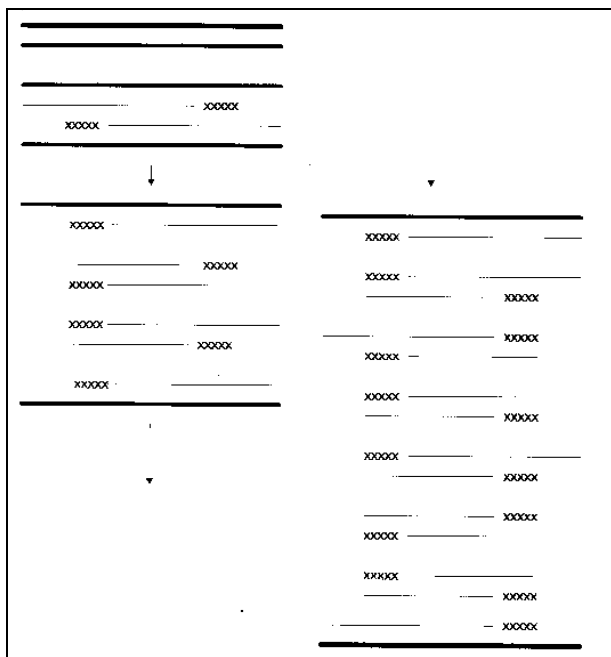
Ahhoz, hogy a genetikai információt továbbítani lehessen, szükség van a DNS molekula minél pontosabb megkettőződésére; ez a replikáció. A replikáció a szemikonzervatív modell szerint történik. A ds DNS két szála elválik egymástól, és a régi szál mentén új DNS szál szintetizálódik. Az így keletkezett ds DNS molekula egyik lánc a régi, modellül szolgáló lánc, míg a másik az újonnan szintetizálódott lánc. A szintézist a DNS-dependens-DNS polimeráz enzimek katalizálják. A DNS polimerázok közös tulajdonsága, hogy nagy pontossággal végzik a DNS lánc szintézisét (tulajdonképpen a primer 3'-OH csoportjának nukleofil támadását katalizálják a beépülő nukleozid-trifoszfát legbelső, α -foszfátján), de a szintézis megkezdéséhez szükségük van egy néhány nukleotidból álló primerre. Ez a primer legtöbbször monokatenáris RNS (ribonukleinsav) és szintézisét egy primáz nevű enzim katalizálja (1,2,3,4).

Miután a DNS polimeráz befejezte a szintézist, kivágja az RNS primert és a keletkezett rést feltölti dezoxiribonukleotidokkal.

2. A PCR technika elve

A PCR technika tulajdonképpen a DNS szál sokszorozott replikációja in vitro körülmények között. Ha a DNS-t 92-95°C-ra hevítjük, a DNS denaturálódik, a két lánc szétválik. Megfelelő primereket és DNS polimerázt alkalmazva a DNS bizonyos része (a primerek által közrefogott rész) felszaporítható (1,2,3,4,5,6,7). Ha a folyamatot többször ismétljük, nagy számú, általunk keresett DNS szakaszt nyerhetünk (1. ábra).

Az első olyan DNS szakasz, amely mindkét végén a primereket tartalmazza a harmadik ciklus során jelenik meg. Az általunk keresett DNS szakaszok mennyisége exponenciálisan nő a ciklusok során. Addig amíg a harmadik ciklusban csak 2 ilyen molekulánk volt, addig a harmincadik ciklus után már 268.435.456 DNS molekula áll a rendelkezésünkre.



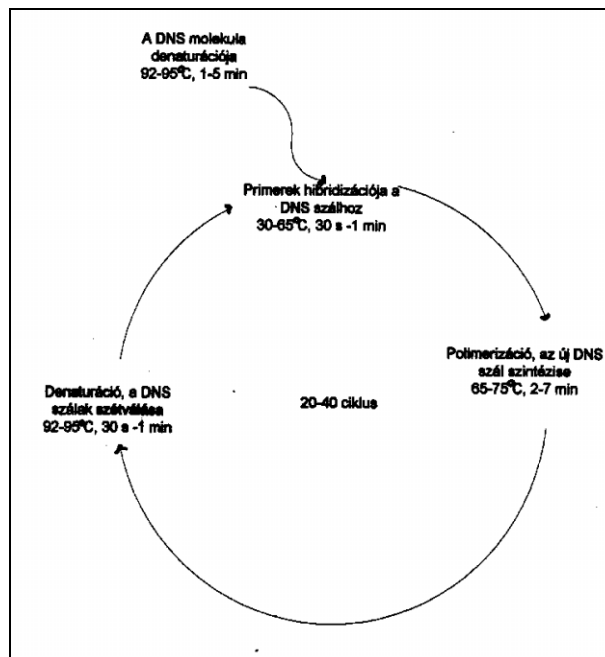
1. ábra

A polimeráz láncreakció. A denaturációt a primerek megkötése, majd a polimerizáció követi. Az első kívánt hosszúságú célmolekulák a 3. ciklus során jelennek meg. A vastag vonal a templát (minta) DNS-t, a vékony vonal a szintetizálódó DNS-t, az xxxx pedig a primért jelöli.

A polimerizációs reakció speciális PCR csövekben megy végbe, ezek kis térfogatú, vékony falú műanyag csövek. A reakcióközeg tartalmazza a mintaként szolgáló DNS molekulát, az általunk tervezett, mesterségesen szintetizált primereket, dezoxiribonukleozidokat (dATP, dGTP, dCTP, dTTP), a DNS polimerázt, valamint az enzim optimális működését biztosító anyagokat.

3. A PCR technika kivitelezése

A reakció közeget tartalmazó csöveket először 92-95°C-ra hevítjük, ekkor a kettős szálú DNS denaturálódik, majd 30-65°C-ra hűtjük. Ezen a hőmérsékleten a primerek hozzákötődnek a DNS molekula velük komplementer részéhez. Következik egy újabb felmelegítés 65-75°C-ra, ekkor történik meg a DNS szál szintézise a DNS polimeráz enzim hatására. Ez a leghosszabb időt igénylő lépés (2-7 perc). Ez után következik egy újabb ciklus, újabb denaturálás, majd primer kötődés, DNS szintézis és így tovább (2. ábra); általában 20-40 ciklust alkalmaznak. A módszerrel kb. 10^6 sokszorozás érhető el. Az exponenciális növekedés egy idő után leáll, ekkor célszerű a terméket hígítani 1000-10000x, és egy újabb reakciósorozatot indítani (3,6,7).



2. ábra

A PCR ciklus során végbemenő események. A DNS-t először felmelegítjük, hogy a molekula denaturálódjon, majd következik a primerek hibridizációja a megfelelő DNS szakaszokhoz, valamint az új szál szintézise.

Kezdetben a PCR-hez az *Escherichia coli* DNS polimeráz I. szubtilizin emésztéssel nyert fragmentjét, a Klenow fragmentet használták (3,6), de ez nem biztosított jó hatásfokot, mert az enzim hőérzékenysége miatt minden ciklus után újabb enzimmennyiséget kellett adagolni.

Napjainkban egyre több hőstabil enzimet alkalmaznak. A leggyakrabban használt ilyen enzim a *Thermus aquaticus* baktérium DNS polimeráz enzime, (termálvizekben él) a Taq DNS polimeráz (8,9,10), valamint a különböző kereskedelmi társaságok által forgalmazott géntechnológiai úton módosított formája (AmpliTaq). Ennek előnye, hogy az enzim működési optimuma 75°C körül van és másodpercenként kb. 150 nukleotid szintézisére képes. Preparatív célokra alkalmazzák még a *Pyrococcus furiosus* nevű baktériumból izolált Pfu DNS polimeráz, a *Thermococcus litoralis*-ból izolált Vent, valamint a *Pyrococcus woesei*-ből izolált Pwo enzimeket, (3,5,6) stb. melyek sokkal kevesebb hibával dolgoznak, mint a Taq polimeráz.

Taq polimerázzal kb. 1000 bázispár nagyságú DNS szakaszt tudunk szintetizálni, a kevesebb hibával dolgozó DNS polimerázok használatával pedig hosszabb termékek szintézise válik lehetővé, akár 40000 bázispár nagyságú DNS szakaszt is tudunk készíteni (5).

A hőszabályozást a PCR készülék biztosítja. Az automatizálásnak két lehetősége van (3,6). Az egyik az, amikor a mintákat a megfelelő hőmérsékletű vízfürdők között mozgatják (robotszerű

megoldás), a másik, jobban elterjedt megoldás pedig a mintatartó szabályozott fűtése-hűtése (hőciklus = thermocycler).

3.1. Optimalizálás

A PCR technikák esetében nem létezik olyan recept, amely minden esetben alkalmazható lenne. Tekintve, hogy nagyon széles körben elterjedt, sokféle felhasználást ismerő technikáról van szó, a megadott hőmérséklet- és idő értékek csak tájékoztató jellegűek.

A jó hatásfok elérése érdekében mindig a kívánalmaknak megfelelően kell megtervezni a primereket és optimalizálni kell a reakció körülményeit.

A PCR reakciók megtervezésének egyik kulcslépése a primerek megtervezése. Ezek olyan 20-30 oligonukleotidot tartalmazó darabok kell legyenek, amelyek nem tartalmaznak belső hurkot, egymással nem komplementerek, de specifikusan kapcsolódnak a DNS molekula megfelelő szakaszához és denaturálódásuk megközelítőleg azonos hőmérsékleti tartományban történjen (3,5,6,11,12). Továbbá fontos a reakcióközeg Mg^{2+} és dNTP (deoxiribonukleotid) koncentrációja, és meghatározó értékű a megfelelő enzim mennyiség, az enzim működéséhez szükséges pH optimum, valamint a DNS minta tisztasága. Ajánlatos steril körülmények között dolgozni az idegen DNS-el való szennyeződés elkerülése végett (3,6).

3.2. Hibalehetőségek

Bármilyen körülmétekintően tervezzük is meg a reakció körülményeit, mindig számolni kell az esetleges hibákkal. Így például előfordulhat a primerek aspecifikus kötődése a DNS mintához, vagy primer dimerek képződhetnek, az eredményünket idegen DNS szennyeződés meghamisíthatja stb. Egy másik gyakori probléma az, hogy a Taq polimeráz viszonylag sok hibát követ el működése során. A beépítési hibák száma ciklusonként 1/5000 nukleotid körül mozoghat. Mindezek a nagyobb hűséggel dolgozó Pfu, Pwo, Vent stb. DNS polimerázok alkalmazásával küszöbölhető ki (3,5,6).

4. A PCR technika felhasználása

A PCR technikát széles körben alkalmazzák a kutatásban, az orvosi diagnosztikában, néhány millió éves minták genetikai analizésében, a paleontológiában, a régészetben, a kriminalisztikában és így tovább.

Ilymódon a PCR technika nagy szolgálatot tesz az emberiségnek és előbb utóbb a rutin eljárások közé sorolhatjuk. Amellett, hogy a molekuláris biológia és genetika nélkülözhetetlen eszköze, beláthatatlan lehetőségeket rejt magában a tudomány minden területén. Alkalmazása csak akkor hatékony, ha már ismerjük az illető DNS szakasz bázis

szekvenciáját, és tervezhetünk olyan primereket, amelyek csak a kívánt szakaszhoz kötődnek specifikusan.

4.1. Irányított mutagenézis PCR segítségével

A molekuláris biológiai (géntechnológiai) kutatásokban nagyon gyakran van szükség a DNS in vitro manipulációjára. Az irányított mutagenézis nagyon egyszerűen megvalósítható a PCR technika segítségével.

Ha a primerek és a target (cél) DNS szekvenciája nem 100%-ban komplementer, az új DNS 5' végén kis eltéréseket tartalmaz, alkalmunk nyílik arra, hogy új restrikciós hasítóhelyet vigyünk be a molekulába (3,5,6). Ugyancsak a PCR segítségével, több primert használva, lehetőségünk van arra, hogy pontmutációt (egyetlen nukleotid megváltozása), inzerciót (egy vagy több nukleotid beékelődése), deléciót (egy vagy több nukleotid kiesése) hozunk létre a DNS-ben. Ugyanakkor módosított nukleotidokat (pl. 7-deaza-dGTP – a belső hurok elkerülése érdekében), radioaktívan vagy fluoreszcensen jelzett nukleotidokat, nukleotid analógokat (dideoxinukleotidokat, inozin-trifoszfátot stb.) vihetünk be, vagy pedig rekombináns molekulákat (3,5,6) állíthatunk elő (pl. riporter gének).

4.2. Aszimmetrikus PCR technika

A DNS szekvenálására jelenleg használt Sanger féle dideoxi módszer kivitelezéséhez egyszálú DNS-re van szükség. Kis mennyiségű DNS mintából kiindulva szükség van a minta felszaporítására. Ez egy speciális PCR technika, az ún. aszimmetrikus PCR segítségével történik. A módszer lényege az, hogy a primereket nem 1:1 arányban alkalmazzuk mint a normál PCR esetében, hanem az egyik primert kb. 100 szoros feleslegben adjuk hozzá a mintához. Elindítva a reakciót, egy ideig mindkét szál sokszorozódik, de miután a kisebb mennyiségben levő primer elfogyott, csak az a szál fog tovább sokszorozódni, amelyhez a nagyobb mennyiségben adott primer kapcsolódik. Így a 30-40. ciklus után a reakcióközegben már az egyszálú DNS lesz számottevő mennyiségben. Az így kapott egyszálú DNS közvetlenül felhasználható a szekvenálási reakciókhoz (3,5,6,13,14,15,16).

4.3. Klónozás

Klónozáskor egy meghatározott DNS darabot plazmid (cirkuláris DNS molekula, amely a baktérium sejtbe bejutva a sejt genomjától függetlenül képes szaporodni) segítségével beviszünk egy baktérium sejtbe. A baktérium sejt sorozatos osztódásával olyan telep keletkezik, amelynek sejtjei genetikailag teljesen azonosak a kiinduló sejtrel, tehát a telepet alkotó sejtek, a kiinduló sejt klónjai (3,6).

Ahhoz, hogy ellenőrizzük, hogy a klónozás sikeres volt-e, ténylegesen a kívánt szekvenciát tartalmazza-e a baktérium sejtek, több módszert lehet használni, de az egyik legegyszerűbb a PCR.

A baktérium telepekből DNS-t izolálunk és az általunk keresett szekvenciát felszaporítjuk PCR segítségével. Tulajdonképpen nem is szükséges a DNS izolálása, elegendő ha a telepekből származó sejteket bevisszük a reakcióközegbe, ugyanis a PCR során használt magas hőmérséklet szétroncsolja a sejtfaalat és szabaddá teszi a DNS-t. A PCR-ből származó mintákat gélelektroforézisnek vetjük alá, és ha az általunk keresett szekvencia megtalálható a baktérium sejtben, a gél megfelelő pontján azonosíthatjuk a rá jellemző sávot (3,5,6).

4.4. A hírvivő ribonukleinsav vizsgálata RT-PCR technikával

Nemcsak a DNS, hanem az mRNS (hírvivő ribonukleinsav) is vizsgálható PCR segítségével. Ahhoz, hogy az mRNS-t tudjuk vizsgálni, először át kell írni DNS-re reverz transzkriptáz enzimet használva. Az így keletkezett DNS az ún. cDNS (komplementer DNS). A reverz transzkriptáz által katalizált reakció és a PCR egyetlen kémcsőben elvégezhető, ez az ún. RT-PCR (reverz transzkriptáz-PCR). Megfelelő kalibrálással a módszert kvantitatív célokra is lehet alkalmazni (3,5,6).

4.5. PCR technika alkalmazása diagnosztikai célokra

Kisméretű deléciók és inserciók kimutathatók PCR segítségével abban az esetben, ha olyan primereket tervezünk, amelyek közrefogják a mutáció helyét. Diagnosztikus értékű lehet a PCR elmaradása is, a primer kötődési helyének mutációja miatt (13,17,18,19,20).

Pontmutációk is kimutathatók, ha a PCR során keletkezett termékeket denaturáló gradiens gélelektroforézisnek vetjük alá. A pontmutáció következtében a kettős szálú DNS denaturálódási paraméterei megváltoznak, más denaturálószer koncentrációnál válik el a két szál egymástól a normál molekulához viszonyítva. Tekintve, hogy a denaturáció után a gélben való vándorlása lelassul, el lehet különíteni a normál gént a mutáns géntől (3).

A PCR segítségével nagyon gyors választ lehet adni arra, hogy az illető gén megtalálható-e a klinikai mintába vagy sem. Így könnyen azonosíthatók olyan fertőző ágensek, amelyek kitenyésztése és azonosítása esetleg heteket vehet igénybe. A PCR-t sikerrel alkalmazták számos vírus (pl. a herpes simplex vírus, Epstein-Barr-vírus, HIV - humán immunodeficiencia vírus, kanyaróvírus stb.), baktérium (a tuberkulózist okozó *Mycobacterium tuberculosis*, a nemi betegséget okozó *Neisseria gonorrhoeae*, *Chlamydia*, *Treponema pallidum* stb.)

és parazita (pl. *Trypanosoma*, *Leishmania*, *Toxoplasma* stb.) esetében (4,21,22).

Ugyancsak sikerrel alkalmazzák a technikát rákos sejtek detektálásában is (18,19,20,23). Bizonyos genetikai betegségek esetében lehetővé teszi a gyors diagnózis felállítását.

A PCR technika forradalmasította a molekuláris biológia szemléletmódját és eszköztárát, új lehetőségeket biztosítva az élővilág mélyreható megismeréséhez, valamint az emberiséget sújtó bizonyos betegségek gyors, megbízható és pontos diagnosztizálásához.

Míg 1985-ben csak 5 tudományos cikk foglalkozott a PCR technikával, addig 1990-ben már laboratóriumok ezrei alkalmazták. A jövőben a PCR technika használata rutinszerűvé válik a tudomány számos területén, újabb és újabb alkalmazásaival pedig jelentős kutatási eredményekhez juthatunk.

Irodalom

1. Stryer, L.: *Biochemistry*, Freeman & Co., New York, 1995.
2. Schleif, R.: *Genetics and Molecular Biology*, Johns Hopkins University Press, Baltimore, 1993.
3. Fésüs, L.: *Biokémia és molekuláris biológia*, Nyomdaipari Szolgáltató KKT., Debrecen, 1999.
4. Kiss, M.: *Lege Artis Medicinae*, 5 (12), p. 1108-1113, 1995.
5. *Multimedia Methods in Molecular Biology*, Chapman & Hall Electronic publishing division, London, 1996.
6. Dombrádi, V.: *Alapvető molekuláris biológiai módszerek*, Debreceni Orvostudományi Egyetem, Debrecen, 1998.
7. Mullis, K., Faloona, F., *Meth. Enzymol.*, 55: 335-350, 1987.
8. Chien, A., D.B. Edgar, and J.M. Trela, *J. Bacteriol.*, 127:1550-1557, 1976.
9. Saiki, R.K., D.H. Gelfand, S. Stoffel, S.J. Scharf, R. Higuchi, G.T. Horn, K.B. Mullis, and H.A. Erlich, *Science*, 239: 487-491, 1988.
10. Eckert, K.A., and T.A. Kunkel, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 86: 9253-9257, 1989.
11. Lathe, J., *J. Mol. Biol.*, 183: 1-12, 1985.
12. Lee, C. C., S. Wu, R.A. Gibbs, R.G. Cook, D.M. Muzny, and C.T. Caskey, *Science*, 239: 1288-1291, 1988.
13. Wong, C., C.E. Dowling, R.K. Saiki, R.G. Higuchi, H.A. Erlich, and H.H. Kazazian, *Nature*, 330: 384-386, 1987.
14. Gyllenstein, U.B., and H.A. Erlich, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 85: 7652-7656, 1988

15. Innis, M.A., K.B. Myambo, D.H. Gelfand, and M.A.D. Brow, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 85: 9436-9440, 1988.
16. Scharf, S.J., G.T. Horn, and H.A. Erlich, Science, 233: 1076-1087, 1988.
17. Yandell, D.W., T.A. Campbell, S.H. Dayton, R. Petersen, D. Walton, J.B. Little, A. McConkie-Rosell, E.G. Buckely, and T.P. Dryja, N. E. J. Med., 321: 1689-1695, 1989.
18. Burmer, G.C., and L.A. Loeb, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 86: 2403-2407, 1989.
19. Neri, A., D.M. Knowles, A. Greco, F. McCormick, and R. Dalla-Favera, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 85: 9268-9272, 1989.
20. Neubauer, A., B. Neubauer, and E. Liu, Nuc. Acid Res., 18: 993-998, 1990.
21. Laurence, F., C. Rouzioux, F. Veber, C. Jacomet, V. Courgnard, S. Blanche, M. urgard, C. Griscelli, and C. Brechot, Lancet, ii: 538-541, 1988.
22. Brisson-Noel, A., D. Lecossier, X. Nassif, B. Giquel, V. Levy-Frebault, and A. J. Hance, Lancet, ii: 1069-1071, 1989.
23. Kawasaki, E.S., S.S. Clark, M.Y. Coyne, S.D. Smith, R. Champlin, O.N. Witte, and F.P. McCormick, Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 85: 5698-5702, 1988.

A VM rendszerű nagynyitású síndilatációs készülék igénybevételi vizsgálata

Liegner Nándor

Egyetemi tanáresegéd

Budapesti Műszaki Egyetem, Út és Vasútépítési Tanszék

1. Előzmények, a Csilléry-féle dilatációs szerkezet

A Magyar Államvasutak az 1930-as évektől a nagyobb mértékű sínvég elmozdulások biztosítása céljából az ún. Csilléry-féle dilatációs szerkezetet alkalmazza. Ez a berendezés a szabad sínvégmozgást hézag- és zökkenőmentes kerékát-haladás mellett biztosítja. A dilatációs szerkezetet korábban 110-, és 160 mm-es maximális nyitású kivitelben gyártották, napjainkban már csak a 160 mm-es maximális nyitású — tehát a középállástól számítva ± 80 mm-es nyitású — változat készül MÁV 48-as, és UIC 54-es sínrendszerrel.

A készülék lényegét az a két sínvég alkotja, amelyeket egy harmadfokú parabola vonalában csúcshínszerűen úgy munkáltak meg, hogy azok teljesen egymásba hatolva záródó, állandó szélességű sínfejet képeznek. A sínvégek széthúzóda-sakor pedig — maximális sínvég elmozdulások ese-tében is — csupán pár mm-es hosszirányú hézag jelenik meg. Így tehát a járművek kerekei a készülék teljes hosszában – a sínvégmozgásoktól füg-getlenül – zökkenőmentes alátámasztást kapnak.

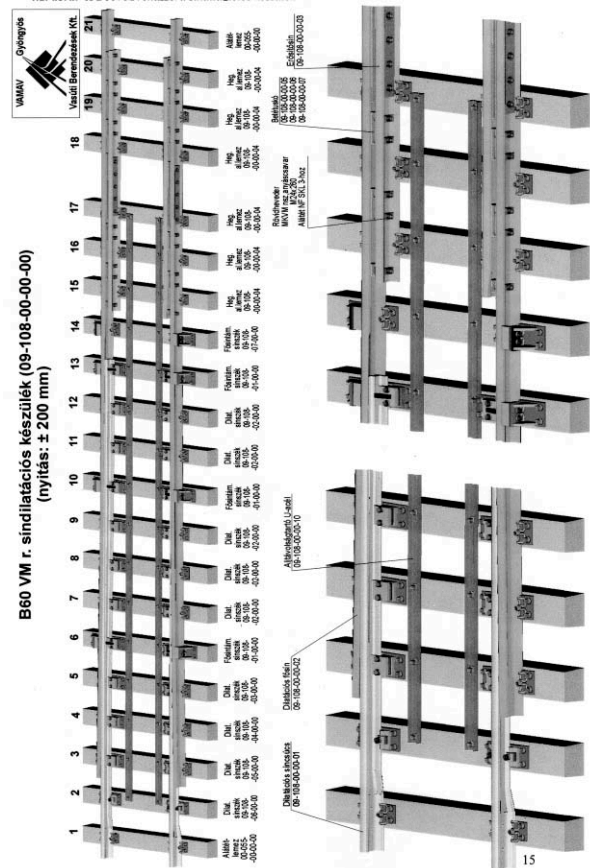
A Csilléry-féle dilatációs szerkezet általános alkalmazása szempontjából meghatározó eseménynek minősíthető a Magyarország és Szlovénia között jelenleg (2000. március) építés alatt lévő vasútvonal. A Zalalövő – Bajánsenye közötti vonalszakaszon létesítendő 1300 m hosszú völgyhíd ± 200 mm nyitású dilatációs szerkezet beépítését igényli a vasúti pályába. Minthogy a Csilléry-féle berendezés ezt a követelményt nem elégíti ki, ezért új szerkezet tervezése vált szükségessé.

2. A VM rendszerű nagynyitású síndilatációs készülék kialakítása, működése

A síndilatációs készüléket a VAMAV Vasúti Berendezések Kft. tervezte és gyártotta. Az **1. ábra** a készüléket háromdimenziós formában, a különböző elemeket különböző színnel megjelölve mutatja be.

A berendezés két alapvető, a működést meghatározó eleme az 1-1 pár síncsúcs és fősín.

A két síncsúcs fixen lekötött, amelyek változó keresztmetszetű, egyik végén elvékonyított csúcshín szelvényű sínből készülnek. A síncsúcsok hosszirányú elmozdulás elleni rögzítését csapos elmozdulás-gátlók biztosítják.



1. ábra

A VAMAV Vasúti Berendezések Kft. által tervezett síndilatációs készülék ábrázolása háromdimenziós formában

A fősínek hosszirányban elmozdulhatnak – ezek végzik a dilatációs mozgást. A fősínek egyik vége ezért csökkentett szorítóerővel van lekötve, amely sínvég a síncsúcs elvékonyított hegyéhez simul és a vágánytengelyhez képest kifelé hajlik. A fősínek másik vége a dilatációs mozgást végző pályaszakaszhoz fixen csatlakozik. A fősínek UIC 60-as sínből készülnek, fejük a síncsúcshoz simuló oldalon szintén meg van munkálva.

A készülék névleges nyitása a középállástól számítva ± 200 mm, a maximális nyitás a szélső helyzetek között 400 mm, de a készülék szélsőséges esetben ennél nagyobb értékekre is megfelel.

3. A dilatációs készülék sínszálaiban ébredő igénybe-vételek vizsgálata

3.1. A pályára vonatkozó alapadatok

A felépítmény sínrendszere

A VM rendszerű nagynyitású dilatációs készülék elméleti vizsgálatát az UIC 54 és az UIC 60 sínrendszerekhez tervezett dilatációs készülékekre végeztük el. Tekintettel arra, hogy az UIC 54-es sínrendszerből kialakított dilatációs szerkezet tervei még nem álltak rendelkezésünkre, a számításához szükséges szilárdságtani adatokat az UIC 54-es sín adatainak ismeretében lineáris redukcióval határoztuk meg.

A dilatációs szerkezet szilárdságtani alapadatai

A dilatációs szerkezet szilárdságtani adatait a hídhézag feletti szakaszon a **1. táblázat**, a nyitási szakasz legkisebb inerciájú részén pedig a **2. táblázat** tartalmazza.

A dilatációs szerkezet sínrendszere	Keresztmetszet inerciája [mm ⁴]	Keresztmetszeti modulus (talp) [mm ³]	Keresztmetszeti modulus (sínfej alsó él) [mm ³]	Keresztmetszeti terület [mm ²]
UIC 54	56,031 · 10 ⁶	779100	1204819	7686
UIC 60	73,327 · 10 ⁶	942449	1369337	6934

1. táblázat

A dilatációs szerkezet szilárdságtani adatai a hídhézag feletti szakaszon

A dilatációs szerkezet sínrendszere	Keresztmetszet inerciája [mm ⁴]	Keresztmetszeti modulus (talp) [mm ³]	Keresztmetszeti modulus (sínfej alsó él) [mm ³]	Keresztmetszeti terület [mm ²]
UIC 54	12,149 · 10 ⁶	212627	418953	9300
UIC 60	15,821 · 10 ⁶	255960	443184	8390

2. táblázat

A dilatációs szerkezet szilárdságtani adatai a nyitási szakasz legkisebb inerciájú szelvényében

A sínacél rugalmassági modulusa:

$$E = 2,15 \cdot 10^5 \text{ N/mm}^2.$$

A dilatációs szerkezet az UIC 54 illetve az UIC 60 rendszerű sínek alapanyagaiból készül. A sínek acélanyagai

$$R_{eH} = 540 \text{ N/mm}^2 \text{ legkisebb folyási határral,}$$

$$R_m = 900 \text{ N/mm}^2 \text{ szakító szilárdsággal}$$

rendelkeznek. A gyakorlatban a fáradási határ — a fenti célra vonatkozó Wöhler-görbe, Smith-diagram, illetve fárasztási kísérlet hiányában — jó közelítéssel a legkisebb folyáshatár 50%-nak, ill. a szakítószilárdság 1/3-nak vehető fel, amely a fentiek alapján

$$\sigma_{\text{fáradási határ}} = 300 \text{ N/mm}^2$$

értékre becsülhető.

Aljtípusok és aljtávolság (k)

A vizsgálatokat LM és LW keresztaljak alkalmazása esetén végeztük el. Az aljtávolságot a tervező által megadott értékeknek megfelelően vettük fel. Így a hídhéznál — a 17. és a 18. sz. alj között — $k = 1200 \text{ mm}$ aljtávolságot, a többi aljak között pedig $k = 600 \text{ mm}$ aljtávolságot vettünk figyelembe. Az aljak kiosztása és számozása az **1. ábrán** látható.

Ágyazási tényező (C)

A felépítmény ágyazási tényezőjét

$$C = 0,10 \text{ N/mm}^2$$

értékre vettük fel, azaz jó minőségű alépítményt tételeztünk fel, ugyanis a figyelembe vett ágyazási tényezők közül ez eredményezi a dilatációs szerkezet legnagyobb nyomatéki igénybevételét. Ennél kisebb ágyazási tényezőt nem vettünk figyelembe, mert a szerkezet hidakra vagy hidak háttöltésén lévő felépítménybe kerül beépítésére, ahol nagysebességű pályán ennél gyengébb minőségű alépítmény nem fordulhat elő.

A felépítmény állapota (α)

A felépítmény állapotát jellemző tényezőt $\alpha = 0,2$ értékre vettük fel, mivel a legnagyobb sebességek alkalmazása esetén a pálya jó állapotát kell feltételeznünk.

3.2. A járművekre vonatkozó alapadatok

A várható legnagyobb igénybevételeket okozó járműterheket vettük figyelembe. Így az M62-es diesel mozdonyra, a V63-as, V43-as és a Skoda 350-es típusú villamos mozdonyokra, a FAL 6560000 és az Ibefts típusú teherkocsira valamint az UIC 71-es típusú járműterherre végeztük el.

3.3. A mértékadó járműterhelés meghatározása

A dilatációs szerkezetre, mint teherviselő szerkezetre jutó függőleges igénybevételeket a keresztaljas vasúti felépítmény igénybevételeinek meghatározására kidolgozott és az európai — köztük a magyar — vasutak által elfogadott és használt, az Eisenmann-féle valószínűségelmélettel kiegészített Zimmermann-elmélet alapján helyettesítő hosszaljas számítási eljárással határozhatjuk meg. A járműterhek hatására a sín vizsgált K keresztmetszetében ébredő nyomaték nagysága az

$$M = \frac{Z \cdot L}{4} \cdot \sum \mu \cdot (1 + t\alpha\varphi) \quad [\text{kNm}] \quad (1.)$$

összefüggés segítségével határozható meg, ahol Z [kN] – a függőleges irányú kerékterhelés, L [mm] – a vágány merevségi hossza,

$\Sigma\mu$ – a K keresztmetszet nyomatóki hatásábrája kerékterhek alatti ordinátáinak összege,
 t – a megkívánt valószínűségtől függő tényező (0,997 valószínűség esetén $t=3$),

α – a felépítmény állapotától függő tényező,
 φ – sebességi szorzó.

L értékét, — azaz a helyettesítő hosszgerenda merevségi hosszát — az

$$L = \sqrt[4]{\frac{4EI}{C_s}} \quad [\text{mm}] \quad (2.)$$

képletből számíthatjuk, ahol:

E [N/mm²] – a sín anyagának a rugalmassági modulusa,

I [mm⁴] – a sín inerciája,

C [N/mm³] – az ágyazási tényező,

s [mm] – a helyettesítő hosszgerenda szélessége.

A helyettesítő hosszgerenda s [mm] szélességét a

$$s = \frac{a \cdot b}{k} \quad [\text{mm}] \quad (3.)$$

képletből számíthatjuk, ahol:

a [mm] – a keresztalj ágyazatra történő felfekvési hossza,

b [mm] – a keresztalj ágyazatra történő felfekvési szélessége,

k [mm] – az aljtávolság.

A dinamikus hatást az (1.) összefüggés zárójeles része fejezi ki

$$\beta = (1 + t \cdot \alpha \cdot \varphi) \quad (4.)$$

amelyben a sebességi szorzót a

$$\varphi = 1,0 + \frac{V - 60}{140} \quad (5.)$$

összefüggés adja meg, ahol

V [km/h] – a jármű sebessége.

A mértékadó teherállások meghatározása

Az 3.2. pontban felsorolt járműterheknél az lesz a mértékadó teherállás, amely esetében a maximális igénybevétel — nyomatók — fog ébredni a vizsgált keresztmetszetben.

A (1.) összefüggések nyomatóki hatásábráját a

$$\mu_i = e^{-\xi_i} (-\sin \xi_i + \cos \xi_i) \quad (6.)$$

függvény írja le, ahol a hatásábrabeli ξ_i abszcisszákat a

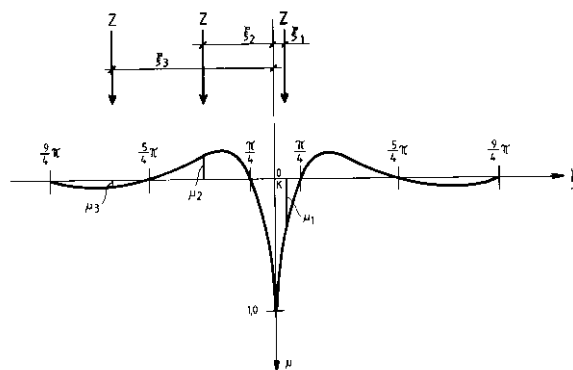
$$\xi_i = \frac{x_i}{L} \quad (7.)$$

összefüggés segítségével határoztuk meg.

A nyomatóki hatásábrát és leterhelésének értelmezését a 2. ábra mutatja. A járműterheket a hatásábrákon folytonosan vezettük végig.

A mértékadó teherállásokat meghatároztuk a 3.2. pontban említett járműtípusok esetében, a híd-

hézag feletti keresztmetszetre és a legkisebb inerciájú keresztmetszetre vonatkozóan egyaránt.



2. ábra:

A nyomatóki hatásábra és leterhelésének értelmezése

A mértékadó járműterhek által keltett nyomatóki igénybevételek

A 3.2. pont szerinti vasúti járműterhelések közül az lesz a mértékadó, amelyik — a járműre és a pályára vonatkozó sebességhatárokat is figyelembe véve — az (1.) összefüggés alkalmazásával a legnagyobb igénybevételeket kelti a dilatációs szerkezetben.

Az előbbieken vázolt levezetések és számítások alapján a járműterhek mértékadó elhelyezkedése hatására a dilatációs szerkezet hídhézag feletti szakaszán — a 17. és a 18. sz. aljak között — az *Ibefs* sorozatú teherkocsi kelti a legnagyobb nyomatóki igénybevételt. A dilatációs szerkezet legkisebb inerciájú szelvényében — az 1. ábra szerinti 2. keresztaljon — pedig a *Skoda 350* sorozatú mozdony hatására ébred a legnagyobb nyomatóki igénybevétel. A nyomatókok értékeit a 3. táblázat tartalmazza UIC 54 és UIC 60 sínrendszer, valamint LM és LW jelű aljak alkalmazásakor a hídhézag feletti szakaszon $C = 0,1$ N/mm³ ágyazási tényező és $\alpha = 0,2$ felépítményi állapot esetére. Az igénybevételeket $V = 160$ km/h sebesség alapul vételével számítottuk. Ennek oka, hogy a vasúti forgalomban bármikor megjelenhet egy, a felsoroltak valamelyikével megegyező tengelyelrendezésű, de $V = 160$ km/h maximális engedélyezett sebességű jármű.

	A mértékadó járműteher típusa	A dilatációs szerkezetben ébredő nyomaték [kNm]			
		UIC 60 r.		UIC 54 r.	
		LW alj	LM alj	LW alj	LM alj
Hídhézag feletti szakasz	Skoda 350	41,196	44,146	38,601	41,477
Legkisebb inerciájú szelvény	Ibefs	67,974	73,126	63,553	68,370

3. táblázat

A mértékadó járműterhek hatására az UIC 54-es és UIC 60-as rendszerű dilatációs szerkezetben ébredő maximális nyomaték a hídhézag feletti és a legkisebb inerciájú szakaszon LM, ill. LW jelű aljak esetén

3.4. A sántalp szélén ébredő feszültségek meghatározása

Gyártási- vagy sajátfeszültségek (σ_{gy})

A sínek gyártása, hengerlése során, majd az egyenlőtlen lehülés következtében a sínben marad, állandó jellegű húzó- és nyomófeszültség keletkezik, melyek nagysága a sín talpában elérheti a **50 – 70 N/mm²** értéket.

Hőmérséklet hatására keletkező dilatációs feszültség (σ_{Δ})

A dilatációs szerkezet egy sínszékén a szorítórugó vízszintes irányú eltolási ellenállása legfeljebb átlagosan $F_{ell} = 2360$ N-ra vehető, így a fősínnek a hídhézag feletti keresztmetszetében hőmérsékletváltozásból keletkező maximális feszültség értéke

$$\sigma_{\Delta} = \frac{n \cdot F_{ell}}{A} \quad (8.)$$

ahol:

n az adott keresztmetszettől a sínszál végéig lévő sínleerősítések száma,

A [mm²] az erősítő sínnel megerősített fősín keresztmetszeti területe.

A síncúcsban a gátolt dilatáció hatására ébredő legnagyobb feszültség UIC 60 és UIC 54 r. sín esetében egyaránt:

$$\sigma_{\Delta} = \frac{F_d}{A} \quad (9.)$$

összefüggésből adódik, ahol

$A = 9053$ mm² – a síncúcs számításba vett keresztmetszeti felülete.

Az UIC 60 és az UIC 54 rendszerű dilatációs készülék sínszálaiban, a hídhézag feletti és a legkisebb inerciájú szelvényben ébredő dilatációs húzófeszültségek értékeit a **4. táblázat** foglalja össze. Az értékeket a (8.) és (9.) szerint számítottuk.

A dilatációs szerkezet keresztmetszete	A dilatációs feszültség értéke σ_{Δ} [N/mm ²]	
	UIC 60 r.	UIC 54 r.
	Hídhézag feletti szakasz	1,6
Legkisebb inerciájú szelvény	9,0	9,0

4. táblázat

Az UIC 60 és az UIC 54 rendszerű dilatációs készülék sínszálaiban, a hídhézag feletti és a legkisebb inerciájú szelvényben ébredő dilatációs húzófeszültségek értékei

Ívbe történő fektetésből ébredő sínfeszültség (σ_R)

A sínszál körívbe fektetéséből ébredő feszültség nagyságát az $1/R = M/EI_y$ szilárdságtani alapösszefüggés felhasználásával határozhatjuk meg:

$$\sigma_R = \frac{M}{I_y} e = \frac{E \cdot I_y}{R \cdot I_y} e = \frac{E \cdot e}{R} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (10.)$$

ahol:

R [m] – a körívsugár, mely jelen esetben $R = 2300$ m,

$E = 0,215 \cdot 10^6$ N/mm² – a sínacél rugalmassági modulusa,

e [mm] – a szélső szál távolsága.

Az ívbe történő fektetésből az UIC 60 és az UIC 54 rendszerű dilatációs készülék sántalpnak széleiben, a hídhézag feletti és a legkisebb inerciájú szelvényben ébredő feszültségek értékeit a **5. táblázat** foglalja össze. Az értékeket a (10.) szerint számítottuk.

A dilatációs szerkezet keresztmetszete	σ_R [N/mm ²]	
	UIC 60 r.	UIC 54 r.
Hídhézag feletti szakasz	7,01	6,54
Legkisebb inerciájú szelvény	7,77	7,25

5. táblázat

Az ívbe történő fektetésből az UIC 60 és az UIC 54 rendszerű dilatációs készülék sántalpnak széleiben ébredő feszültségek értékei, a hídhézag feletti és a legkisebb inerciájú szelvényben

A sínnek, mint tartónak a hajlításából ébredő igénybevétele (σ_h)

A hajlításból a sín talpában ébredő mértékadó húzófeszültség értéke a

$$\sigma_h = \frac{M}{K_t} \quad [\text{N/mm}^2] \quad (11.)$$

összefüggésből számítható, ahol:

M [kNm] – a mértékadó dinamikus járműterhek hatására a sínben ébredő nyomaték, (1.) szerint számítva, (ld. **3. táblázat**)

K_t [mm³] – a sín keresztmetszeti modulusa a sintonra vonatkozóan (ld. **1. és 2. táblázat**)

Az UIC 60 és az UIC 54 rendszerű dilatációs készülék sintonpában, a hídhézag feletti és a legkisebb inerciájú szelvényben a sín hajlításából ébredő húzófeszültségek értékeit a **6. táblázat** foglalja össze. Az értékeket a (11.) szerint számítottuk.

A dilatációs szerkezet keresztmetszete	σ_h [N/mm ²]			
	UIC 60 r.		UIC 54 r.	
	LW alj	LM alj	LW alj	LM alj
Hídhézag feletti szakasz	72,13	77,59	81,57	87,76
Legkisebb inerciájú szelvény	152,20	163,73	171,51	184,51

6. táblázat

Az UIC 60 és az UIC 54 rendszerű dilatációs készülék sintonpában, a hídhézag feletti és a legkisebb inerciájú szelvényben a sín hajlításából ébredő húzófeszültségek értékei

Igénybevétel-többlet a Z függőleges kerékterher és az Y oldalirányú erő okozta csavarásból ($\Delta\sigma_2$)

A sintonp szélében a Z függőleges kerékterher és az Y oldalirányú kerékerő csavaró hatásából ébredő feszültség-többletet ($\Delta\sigma_2$) a

$$\Delta\sigma_2 = b_t(Z \cdot \beta \cdot e - Y \cdot h) \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (12.)$$

képlet felhasználásával számíthatjuk, ahol:

Z [N] – a **3. táblázat** szerinti mértékadó jármű statikus kerékterhe,

$\beta = 2,029$ – a dinamikus tényező (4.) szerint,

e [mm] – a Z függőleges kerékterher külpontossága, mely jelen esetben $e = 15$ mm,

Y [N] – a vízszintes oldalirányú erő, mely jelen esetben $Y = 50000$ N

b_t – tényező, melynek értéke UIC 54-es sintonnál: 0,000012

UIC 60-as sintonnál: 0,000013

h [mm] – az Y oldalirányú erő karja.

Az UIC 60 és az UIC 54 rendszerű dilatációs készülék sintonpában a szélében a Z és az Y erők csavaró hatása által keltett feszültség többlet értékeit a **7. táblázat** tartalmazza, a hídhézag feletti és a legkisebb inerciájú szelvényben. Az értékeket a (12.) szerint számítottuk.

A dilatációs szerkezet keresztmetszete	$\Delta\sigma_2$ [N/mm ²]	
	UIC 60 r.	UIC 54 r.
Hídhézag feletti szakasz	-90,67	-74,09
Legkisebb inerciájú szelvény	-68,57	-57,29

7. táblázat

Az UIC 60 és az UIC 54 rendszerű dilatációs készülék sintonpában a szélében a Z és az Y erők csavaró hatása által keltett feszültség többlet értékei

Feszültség-többlet az Y oldalirányú erő hatásából ($\Delta\sigma_3$)

A sintonp szélében az Y oldalirányú erő hatásából eredő feszültség-többlet nagyságát a

$$\Delta\sigma_3 = c_t \cdot Y \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (13.)$$

összefüggésből határozhatjuk meg, ahol a c_t tényező értékei:

UIC 54 r. sintonnál $c_t = 0,00240$,

UIC 60 r. sintonnál: $c_t = 0,00229$.

Az UIC 60 és az UIC 54 rendszerű dilatációs készülék sintonpában a szélében az Y oldalirányú erő hatása által keltett feszültség többlet értékeit a **8. táblázat** tartalmazza, a hídhézag feletti és a legkisebb inerciájú szelvényben. Az értékeket a (13.) szerint számítottuk.

A dilatációs szerkezet keresztmetszete	$\Delta\sigma_3$ [N/mm ²]	
	UIC 60 r.	UIC 54 r.
Hídhézag feletti szakasz	114,50	120,00
Legkisebb inerciájú szelvény	114,50	120,00

8. táblázat

Az UIC 60 és az UIC 54 rendszerű dilatációs készülék sintonpában a szélében az Y oldalirányú erő hatása által keltett feszültség többlet értékei

A sintonp szélében ébredő eredő húzófeszültség nagysága $\sigma_{eredő}$

A sintonp szélében ébredő eredő húzófeszültség nagyságát az egyes feszültség komponensek egymásra halmozásával kapjuk:

$$\sigma_{eredő} = \sigma_{gy} + \sigma_{\Delta t} + \sigma_R + \sigma_h + \Delta\sigma_2 + \Delta\sigma_3 \text{ [N/mm}^2\text{]} \quad (14.)$$

Az UIC 60 és az UIC 54 rendszerű dilatációs készülék sintonpában a szélében az eredő húzófeszültség nagyságát a 9. táblázat tartalmazza, a hídhézag feletti és a legkisebb inerciájú szelvényben. Az értékeket a (14.) szerint számítottuk.

A dilatációs szerkezet keresztmetszete	σ_h [N/mm ²]			
	UIC 60 r.		UIC 54 r.	
	LW alj	LM alj	LW alj	LM alj
Hídhézag feletti szakasz	154,57	160,03	185,72	191,91
Legkisebb inerciájú szelvény	264,90	276,43	300,47	313,47

9. táblázat

Az UIC 60 és az UIC 54 rendszerű dilatációs készülék sintonpában a szélében az eredő húzófeszültség nagysága

A feszültség értékekre vonatkozó értékelések és megállapítások a 4. Fejezetben találhatóak.

3.5. A sínfej szélén ébredő feszültségek meghatározása

Meghatároztuk a sínfej oldalsó felületének alsó élében ébredő eredő húzófeszültség nagyságát ($\sigma_{eredő}$) a 3.4. fejezetben bemutatottakhoz hasonló módon. Az eredő húzófeszültség nagyságát az egyes feszültség komponensek egymásra halmozásával kapjuk:

$$\sigma_{eredő} = \sigma_{gy} + \sigma_{\Delta t} + \sigma_R + \sigma_h + \Delta\sigma_1 + \Delta\sigma_2 + \Delta\sigma_3 \quad [\text{N/mm}^2] \quad (15.)$$

$\Delta\sigma_1$ a sínfej másodlagos hajlításából — a Timosenko effektusból — adódó többlet feszültséget jelenti.

Az UIC 60 és az UIC 54 rendszerű dilatációs készülék sítalpának a szélében az eredő húzófeszültség nagyságát — (15) szerint számítva — a **10. táblázat** tartalmazza, a hídhézag feletti és a legkisebb inerciájú szelvényben.

A dilatációs szerkezet keresztmetszete	σ_h [N/mm ²]			
	UIC 60 r.		UIC 54 r.	
	LW alj	LM alj	LW alj	LM alj
Hídhézag feletti szakasz	126,98	124,79	154,83	152,44
Legkisebb inerciájú szelvény	109,27	102,62	128,78	121,44

10. táblázat

Az UIC 60 és az UIC 54 rendszerű dilatációs készülékben, a sínfej oldalsó felületének alsó élében ébredő eredő húzófeszültség nagysága

A feszültség értékekre vonatkozó értékelések és megállapítások a 4. Fejezetben találhatók.

4. A dilatációs készülék sínszálaiban ébredő igénybe-vételek vizsgálatának összefoglalása

Elméleti igénybevételi vizsgálataink az alábbi megállapításokkal foglalhatók össze:

- A **9.** és a **10. táblázat** adatainak összevetéséből látható, hogy a sín talpának szélében lényegesen nagyobb az eredő húzófeszültség értéke, mint a sínfej oldalának alsó élében.
- Az UIC 60 sínrendszerű dilatációs készülék sínszálaiban talpszélében az eredő húzófeszültség értéke sehol sem éri el az anyag becsült fáradási határfeszültségét, mely $\sigma_{fáradási\ határ} = 300 \text{ N/mm}^2$.
- Az UIC 54 sínrendszerű dilatációs készülék sínszálaiban talpszélében az eredő húzófeszültség értéke a hídhézag feletti szakaszon nem éri el az anyag becsült fáradási határfeszültségét, mely $\sigma_{fáradási\ határ} = 300 \text{ N/mm}^2$. A legkisebb inerciájú szelvényben — az **1. ábra** szerinti 2. aljon — a sítalp szélében az eredő húzófeszültség meghaladja a fáradási határfeszültség

értékét. A **9. táblázat** adatai azonban tartalmazzák a gyártási feszültséget is, melynek értékét $\sigma_{gy} = 50 \text{ N/mm}^2$ -nek vettük, és ez az érték az anyag relaxációjával csökken; továbbá ez egy statikus feszültség, mely fáradást nem okoz. A feszültség értékeket minden jellegű legkedvezőtlenebb statikus és dinamikus hatás egyidejű fellépése esetén számítottuk ki, mely bekövetkezésének nagyon kicsiny a valószínűsége. Javasoljuk az UIC 54 rendszerű sínszelvényekkel kialakítandó dilatációs készülék esetében az aljtávolságot az 1-3. aljak között $k = 55 \text{ cm}$ -re csökkenteni.

- A **10. táblázat** szerint, a dilatációs készülékben a sínfej oldalának alsó élében az eredő húzófeszültség értéke sem az UIC 60, sem az UIC 54 r. sínekből kifejlesztett dilatációs készülék esetében sem haladja meg a készülék anyagának becsült fáradási határfeszültségét.
 - Az anyag gyártási vagy saját feszültsége $\sigma_{gy} = 50 - 70 \text{ N/mm}^2$ viszonylagosan nagy érték a mértékadó dinamikus járműterhek hatására a sítalp szélében ébredő húzófeszültség nagyságához viszonyítva, melyeket a **6. táblázat** tartalmaz és a (11.) szerint számítottunk.
 - A hőmérséklet változás hatására ébredő dilatációs feszültségek — melyeket a **4. táblázat** tartalmaz és a (8.) és (9.) szerint számítottunk, — csekély értéket vesznek fel, a **9.** és a **10. táblázat** szerinti eredő húzófeszültséghez viszonyítva.
 - Az ívbe történő fektetésből ébredő húzófeszültségek — melyeket a **5. táblázat** tartalmaz, és a (10.) szerint számítottunk, — csekély értéket vesznek fel, a **9.** és a **10. táblázat** szerinti eredő húzófeszültséghez viszonyítva.
 - A Z függőleges kerékterhelés és az Y oldalirányú kerékerő csavaró hatásából nyomófeszültség ébred, mely csökkenti a keresztmetszetek pontjaiban ébredő húzófeszültség nagyságát (**7. táblázat**).
 - Az Y oldalirányú erő hatásából szintén jelentős húzófeszültség többlet keletkezik a keresztmetszetek vizsgált pontjaiban (**8. táblázat**).
- A fentiek, valamint a 9. és a 10. táblázat adatai alapján megállapítható, hogy a dilatációs készülék a 3.1. pontban leírt paraméterű pályába beépítve, a 3.2. pontban részletezett járműterhek hatására $V \leq 160 \text{ km/h}$ sebesség esetén fáradásra megfelel.

A TrackScan ME 3.01. vágánygeometriai mérőkészülék műszaki alkalmassági vizsgálata a BME Út és Vasútépítési Tanszékén

Ludvig Eszter

egyetemi tanársegéd

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem,
Út és Vasútépítési Tanszék

1. Bevezetés

A vasúti pályadiagnosztika egyik legfontosabb területe a vágány geometriai állapotának rendszeres nyomon követése, felülvizsgálata. Ezért a vasúti pályafenntartási szakszolgálatnak mérések útján rendszeresen ellenőrizni kell a vágány főbb geometriai méreteit. E geometriai mérések elvégzésére évtizedek óta kézi erővel a vágányban tolható vágánymérő készüléket használnak. Ezek a készülékek kezdetben csak a nyomtávolság és túlemelés, esetleg a siktorzulás mérésére voltak alkalmasak.

A TrackScan ME 3 jelű mérőkészülékcsalád a korábbi hazai és külföldi tapasztalatokat egyaránt felhasználva oly módon lett kifejlesztve, hogy az nemcsak a folyópálya, hanem kitérők, vágányát-szelések, átszelési kitérők és egyéb felépítményi szerkezetek főbb geometriai méreteinek pontos meghatározására is alkalmas legyen. Így a TrackScan vágánygeometriai mérőkészülék által végezhető mérések:

- pályahossz

vasúti folyóvágányban:

- nyomtávolság,
- túlemelés,
- siktorzulás,

vasúti kitérőkben, átszelésekben, átszelési kitérőkben és egyéb felépítményi szerkezetekben:

- vezetési távolság,
- nyomcsatorna.

2. A TrackScan vágánygeometriai mérőkészülék ismertetése

2.1. A készülék kialakítása

A TrackScan ME 3. mérőkészülék-családnak három tagja van:

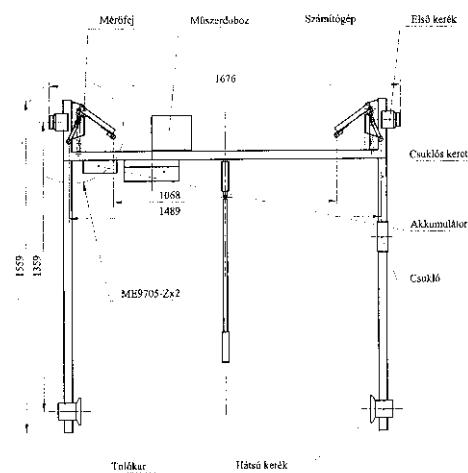
- normál nyomtávolság, ME 3.01
- keskeny nyomtávolság, ME 3.11 és
- széles nyomtávolság ME 3.21

mérésére alkalmas változatokkal. Az ábrákon, képeken bemutatott műszer a normál nyomtáv mérésére kialakított változat. A keskeny és a széles nyomtáv mérésére szolgáló változatok még részben kifejlesztés alatt állnak, de elvi kialakításban nem, csak méretekben térnek el a normál nyomtávolságú készüléktől.

Az 1. képen és 1. ábrán látható, hogy a mérőkészülék egy merev vázszerkezetű berendezés egy tengellyel, amely 4 műanyag keréken mozog a vágányon. A keret jobboldali karjánál egy csukló helyezkedik el, amely lehetővé teszi, hogy bármilyen fekszintviszony esetén is mind a 4 kerék a vágányra felüljön. A 4 kerékből a hátsó 2 nyomkarimás kialakítású, ami a készülék vágányon maradását, ill. biztonságos futását tovább fokozza. A készüléket a tolokarral kell a vágányon végigtolni. A maximális tolási sebesség 2 km/h.



1. kép:
A TrackScan ME 3.01 típusú
vágánygeometriai mérőkészülék

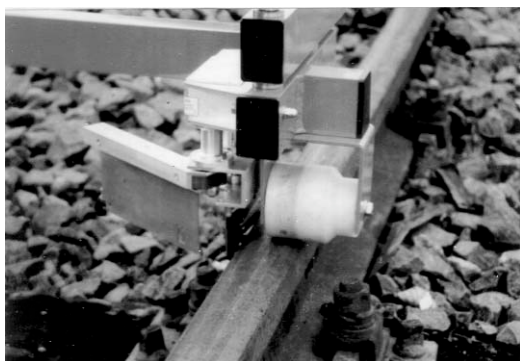


1. ábra:
A TrackScan ME 3.01 típusú vágánygeometriai mérőkészülék vázszerkezete

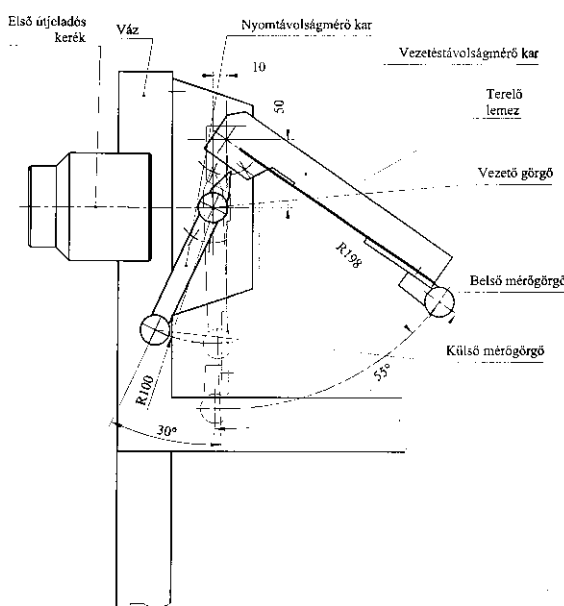
A két első keréknél helyezkednek el a mérőfejek. A mérőfej kialakításának részletei a **2. ábrán és a 2. képen** követhetők nyomon. A 2. ábrán látható az első kerék, amely az útjelet adja, továbbá a nyomtávolságot és vezetéstávolságot mérő kar a mérőgörgőkkel és a terelő lemezekkel. A mérőgörgők úgy vannak elhelyezve, hogy azok a sín járófelülete alatt 14 mm-rel mérjenek. A terelőlemezek a készülék kitérőkön való akadálymentes áthaladását biztosítják.

A készülékhez számítógép csatlakoztatható, amely egy mérőszoftver segítségével vezérli a hardvert a mérés során, a mért adatokat a képernyőn megjeleníti és ezzel párhuzamosan merev lemezre rögzíti. A készülék akkumulátorral működik, amely minimálisan 8 üzemórát biztosít.

A TrackScan szállításkor összeszerelhető, így könnyen, akár egy személyautóban is szállítható. Tömege kb. 30 kg.



2. kép
A TrackScan vágánygeometriai
mérőkészülék mérőfeje



2. ábra
A mérőfej kialakítása

2.2. A készülék mérési mechanizmusa

- pályahossz mérés (mérési tartomány 20 km)

A pályahosszt a készülék a jobboldali első útjeladós kerekével méri. A jeladás 250 mm távolságonként történik, egy a kerékbe épített fotóoptikai útjeladó segítségével. A folyamatosan mért, korábban felsorolt pályajellemző adatokat a számítógép ennek az útjelnek megfelelően tárolja.

- nyomtávolság (mérési tartomány 1420-1500 mm)

A nyomtávolságot a készülék a sínnel érintkező külső görgőkkel méri. A mérőkarokra erősített mérőgörgők elfordulási szögét a karok forgástengelyébe helyezett potenciométerek mérik. A program a két (jobb és baloldali) potenciométer szögállásából, valamint az ismert maximálisan mérhető nyomtávolságból határozza meg az adott pontbeli nyomtávolságot.

- túlemelés (mérési tartomány 0 ± 170 mm)

A túlemelést a készülék az első kerékpár tengelye által meghatározott egyenes és az elméleti vízszintes között bezárt szögből számítja. A szögértéket a vázkeretbe épített szögjeladó biztosítja.

- síktorzulás (a túlemelés értékéből tetszőleges bázishosszra számolva)

A síktorzulást az aktuális túlemelés-, valamint a bázistávolságra lévő korábbi túlemelés értékéből számítja a számítógépes program. A bázishossz tetszőleges értékűre választható a programban, de e bázishossz igény miatt az adatfelvételt az indulási keresztmetszethez képest a bázishossznyi távolsággal előbb kell kezdeni.

- nyomcsatorna szélessége (mérési tartomány 30-180 mm)

A nyomcsatorna méretét a készülék a belső és a külső mérőgörgők távolságából határozza meg. A mérőgörgők pontos helyzetét a nyomtávolság- és vezetéstávolságmérő karokhoz kapcsolódó potenciométerek állása adja. A minimálisan, ill. a maximálisan mérhető nyomcsatorna méret a külső és a belső mérőgörgők teljes összezáródásakor, ill. nyitásakor képződik.

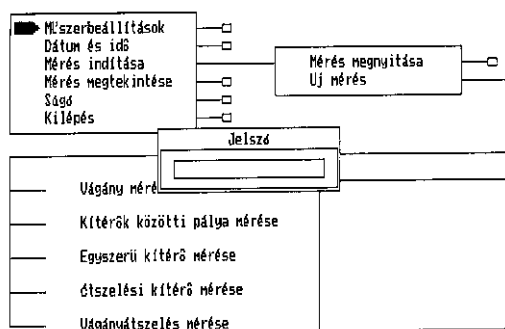
- vezetéstávolság (mérési tartomány 1330-1420 mm)

A vezetéstávolságot a nyomtávolság és a nyomcsatorna szélesség értékeinek különbségéből számítja a készülék.

2.3. A készülékhez kapcsolódó számítógépes mérőprogram

A mérőszoftver DOS–Turbo Pascal programnyelven készült. A program felépítése könnyen áttekinthető. A főmenüjében az alábbi kínálatból lehet választani (3.ábra):

Műszerbeállítások: E menüpont segítségével a különböző alapbeállításokat, paramétereket lehet megadni, változtatni. E pontot csak a konstruktőrök használják, ezért ez jelszóval védett.



3. ábra

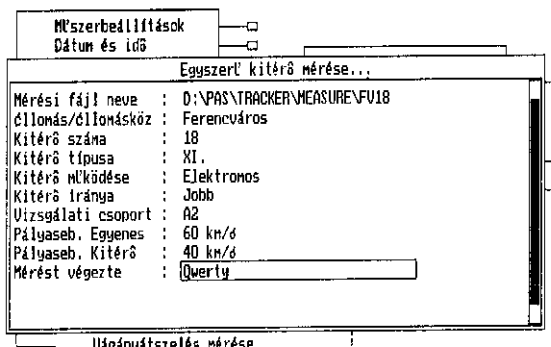
A számítógépes mérőprogram főmenüje

Dátum és idő: A dátum és időpont beállítására szolgál.

Mérés indítása

mérés megnyitása: egy, már korábban megkezdett mérés nyitható meg. Megkezdettnek minősül a mérés már akkor is, amikor az alapadatokat kitöltöttük, pl. irodában előkészítettük a mérést, de még nem mértünk.

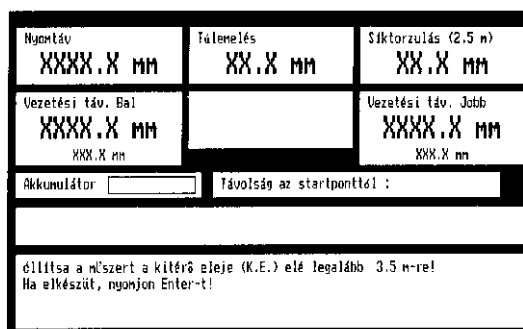
új mérés: ezzel a menüponttal lehet új mérési fájlt létrehozni; az öt különböző felajánlott pályaelemből választhatunk. A megfelelő pályaelem kiválasztása után egy adatbeviteli ablak (4. ábra) jelenik meg, ahol a mérendő pályaelem vonatkozó alapadatokat lehet beírni vagy kijelölni.



4. ábra

Az adatbeviteli ablak

Ezután következhet a mérés. A mérési képernyőn (5. ábra) a mért értékek folyamatosan láthatók. Kitérőben történő méréskor a mérési ablakban emellett még a kitüntetett kitérő-bemérési pontok helye is elolvasható, segítve ezzel a műszer kezelőjét. Ilyen kitüntetett pontokban külön gombnyomásra lehet a mérést elvégezni és rögzíteni. Fejlesztés alatt áll egy olyan funkció, amelyben az előre beállított mérési pontokhoz a program hozzárendeli az adott pontra érvényes mérettűrési értéket és ennek túllépése esetén azonnal jelzést is ad. A program lehetőséget ad arra, hogy a mérés bármely pontjához rövid szöveges megjegyzést fűzzünk.



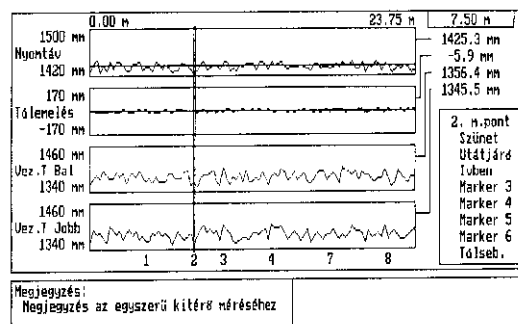
5. ábra

A mérés képernyője

Mérés megtekintése: Ennek a menüpontnak a segítségével már meglévő mérések eredményei tekinthetők meg. (6. ábra) A program grafikusan jeleníti meg az eredményeket, a mérés közben rögzített összes megjegyzés feltüntetésével.

Súgó: Segítséget nyújt a felhasználónak.

Kilépés: A program bezárása.



6. ábra

A mérés eredményei

3. A Budapesti Műszaki Egyetem Út és Vasútépítési Tanszékén végzett vizsgálatok ismertetése

Tanszékünk az alkalmassági vizsgálatok során a készülék mérési pontosságát ellenőrizte. A mérést a Kelenföldi pályaudvar mellékvágányaiban végeztük.

Pályahossz mérés pontossága

A pályahossz mérés pontosságának ellenőrzéséhez egy 100,00 m-es pályaszakaszt jelöltünk ki. A készüléket végigtoltuk a kijelölt pályaszakaszon és 50,00 illetve 100,00 m-nél, pontosan a jelnél megállva leolvastuk. A kapott eredmények az **1. táblázatban** találhatóak.

A táblázatból látható, hogy a mérőkészülék a valóságos értéknél néhány, átlagosan 11 cm-rel hosszabb utat jelez, de a pontossága legalább 0,16%, ami jóval kevesebb a szavatolt 1%-nál.

1. táblázat

A kitérő- és vágánygeometriai mérőkészülék pályahossz mérési pontossága

A mérés sorszáma [m]	A mérés szelvénye [m]	A mért hosszúság [m]	Eltérés	
			[cm]	%
1	50,00	50,070	+ 7,0	0,14
	100,00	100,110	+ 11,0	0,11
2	50,00	50,055	+ 5,5	0,11
	100,00	100,070	+7,0	0,07
3	50,00	50,080	+ 8,0	0,16
	100,00	100,145	+ 14,5	0,15
Átlagos eltérés 50,00 m-nél			+ 6,8	0,14
Átlagos eltérés 100,00 m-nél			+ 10,8	0,11

Nyomtávolság pontossága

Ellenőrzésül egy hitelesített, etalonnal összehasonlított MOM gyártmányú kézi nyomtáv-mérő állt rendelkezésünkre. A nyomtávolságra vonatkozó mérési eredmények a **2. táblázatban** láthatók. A legnagyobb eltérés -0,7 mm, ill. +0,4 mm, az átlagos nyomtáv-mérési pontatlanság pedig -0,3 mm volt. Ez azt mutatja, hogy a TrackScan mérőkészülék a valóságnál valamivel kisebb értéket mér.

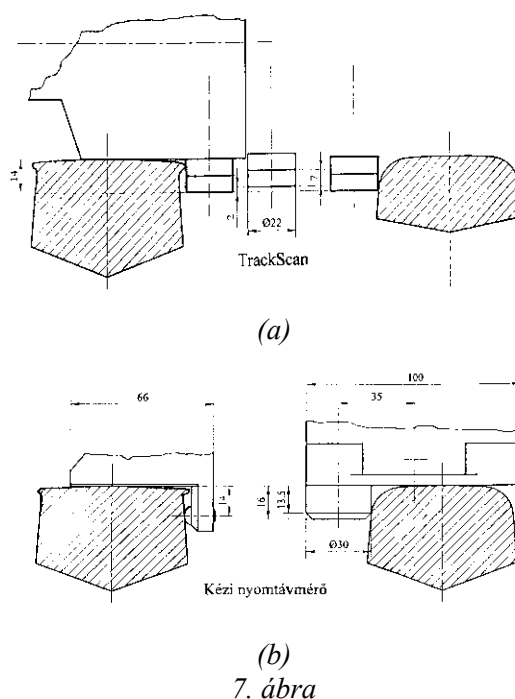
2. táblázat

A kitérő- és vágánygeometriai mérőkészülék nyomtávolság mérési pontossága

A mérési pont sorszáma	Gépi nyomtáv-mérés [mm]	Kézi nyomtáv-mérés [mm]	Eltérés [mm]
1	1449,7	1450,0	- 0,3
2	1446,3	1447,0	- 0,7
3	1447,5	1448,0	- 0,5
4	1448,0	1448,3	- 0,3
5	1446,5	1447,2	- 0,7
6	1449,8	1450,0	- 0,2
7	1449,5	1450,0	- 0,5

8	1447,0	1447,3	- 0,3
9	1441,0	1440,9	+ 0,1
10	1433,2	1433,0	+ 0,2
11	1433,6	1433,2	+ 0,4
12	1434,3	1434,8	- 0,5
13	1435,0	1435,7	- 0,7
14	1436,5	1436,9	- 0,4
15	1439,7	1439,9	- 0,2
Átlagos nyomtáv-mérési pontatlanság:			

Az táblázatban látható eltérések abból adódnak, hogy a mérést legyűrődött sínű vágányban végeztük és mint azt a **7. ábra** is mutatja, ilyen esetben a TrackScan mérőkészülék mérőgörgője másképpen érintkezik a sínnel, mint a kézi nyomtáv-mérő és ez más nyomtávolságot eredményez. A fenti értékek alapján megállapítható, hogy a készülék mérési pontossága összhangban van a MÁV Rt. „D.54 sz. pályaeépítési és fenntartási utasítások” című előírásokkal.



7. ábra
A TrackScan (a) és a kézi nyomtáv-mérő (b) eltérő szerkezeti kialakítása

Tülemelés mérésének pontossága

A készülék tülemelés mérési pontosságának ellenőrzésénél a nyomtáv-mérővel ugyanazon mérési ponton mindkét irányban leolvastuk a tülemelés értékét. A gépi mérés eredményét a kézi mérés átlagának eredményével hasonlítottuk össze a **3. táblázatban**. A 0,6 mm legnagyobb eltérés összhangban van a D. 54. sz. előírás adataival.

3. táblázat

A kitérő- és vágánygeometriai mérőkészülék túlemlés mérési pontossága

A mérési pont sorszama	Túlemlés mérés [mm]				Eltérés [mm]
	géppel	kézi		kézi átlag	
1	- 3,1	- 3,5	+ 3,6	- 3,6	+ 0,5
2	- 3,4	- 3,6	4,0	- 3,8	+ 0,4
3	- 2,1	- 2,5	+ 2,9	- 2,7	+ 0,6
4	- 2,0	- 2,0	+ 2,4	- 2,2	+ 0,2
5	- 0,4	± 0,0	+ 0,5	- 0,3	- 0,1
6	- 2,3	- 2,1	2,8	- 2,4	+ 0,1
7	- 4,8	- 4,3	+ 4,6	- 4,5	- 0,3
8	- 2,9	- 2,0	+ 2,9	- 2,5	- 0,4
9	- 5,4	- 4,8	+ 5,1	- 5,0	- 0,4
10	- 1,1	- 0,5	+ 0,9	- 0,7	- 0,4
11	+ 0,1	- 0,9	± 0,0	- 0,5	+ 0,6
12	+ 2,5	+ 3,2	- 2,1	+ 2,7	+ 0,2
13	+ 3,1	+ 4,1	- 3,2	+ 3,7	+ 0,6
14	- 2,0	- 1,5	+ 2,0	- 1,8	- 0,2
15	+ 3,0	+ 2,8	- 2,2	+ 2,6	- 0,4

Síktorzulás mérési pontossága

A mérőkészülék túlemlési pontosságától függ a síktorzulás mérés pontossága. Amennyiben a túlemlés mérésében a legnagyobb 0,6 mm eltérések kedvezőtlen elhelyezkedésével számolunk, úgy 1,2 mm-es síktorzulási hiba adódhat, függetlenül a bázistávolság nagyságától. A véletlen hibák csökkentése érdekében a vizsgálatok alapján megállapítottuk, hogy a bázistávolságot célszerű legalább 3,5 m-re felvenni, így a kapott eredmények pontossága mindig összhangban lesz az előírás legszigorúbb síktorzulási mérethatáiraival.

Nyomcsatorna mérésének pontossága

A kézi nyomtáv mérővel a nyomcsatorna nem mérhető közvetlenül, ezért ezzel a nyomtávolságot és a vezetéstávolságot mértük és ezek különbségéből számítottuk a nyomcsatorna méretét. A mérési eredmények a 4. táblázatban találhatók. A legnagyobb nyomcsatorna méret eltérés 1,5 mm volt, amelyet ez esetben is a sínlegyűrődések okoztak. Megállapításaink szerint az 1 mm-t kissé meghaladó nyomcsatorna méret pontatlanság kopott, legyűrődött sínek, valamint kopott vezetősínek, csúcs- és tősisínek esetén megengedhető.

4. táblázat

A kitérő- és vágánygeometriai mérőkészülék nyomcsatorna mérési pontossága

A mérési pont sorsz.	kézi mérés eredményei [mm]						gépi mérés		eltérés	
	nyomtáv	vezetéstávolság		nyomcsatorna		nyomcsatorna		b. o.	j. o.	
		b. o.	j. o.	b. o.	j. o.	b. o.	j. o.			
12	1434,8	1392,2	—	42,6	—	41,6	—	- 1,0	—	
13	1435,7	1394,0	1380,0	41,7	55,7	40,2	55,0	- 1,5	- 0,7	
14	1436,9	1374,2	—	62,7	—	62,9	—	+ 0,2	—	
15	1439,9	—	1391,8	—	48,1	—	47,2	—	- 0,9	

Vezetéstávolság mérésének pontossága

A mérőkészülék és a nyomtáv mérő által mért vezetéstávolságok a 5. táblázatban találhatók. A maximális eltérés 0,8 mm volt, vagyis a vezetéstávolság mérési pontossága a szavatolt 1 mm alatti értéknek megfelel.

5. táblázat

A kitérő- és vágánygeometriai mérőkészülék által számított és nyomtáv mérővel mért vezetéstávolság értékek összehasonlítása

Vezetéstávolság [mm]			Eltérés [mm]		
gépi méréssel	kézi méréssel		bal old.		jobb old.
bal o.	jobb o.	bal o.	jobb o.		
1392,7	—	1392,2	—	+ 0,5	—
1394,8	1380,0	1394,0	1380,0	+ 0,8	± 0,0
1373,6	—	1374,2	—	- 0,6	—
—	1391,8	—	1392,5	—	- 0,7

4. A mérőkészülék értékelése a Tanszéken végzett vizsgálatok alapján

A BME Vasútépítési Tanszéken végzett vizsgálatok alapján a TrackScan kitérő- és vágánygeometriai mérőkészülékkel kapcsolatban az alábbi megállapítások hozhatók:

A TrackScan mérőkészülék alkalmas vágány, bármilyen típusú kitérő és egyéb felépítményi szerkezetek (útátjárók, terelő- és vezetősínek) mérésére is.

A mérőváz kialakítása lehetővé teszi a mérőkészülék gyors és egyszerű összecusakását, személygépkocsiban történő szállítását. A mérővázon a számítógép és az akkumulátor könnyen elhelyezhetők. A tolvár segítségével a készülék könnyedén tolvható.

A mérőkészülék kis tömeggel rendelkezik, így a mérést végző személy azt könnyen rá tudja helyezni a vágányra, illetve szükség esetén könnyen ki is tudja emelni onnan. Kiemeléskor két kihajtható láb segítségével a készülék a mérőfejek esetleges sérü-

lése nélkül, stabilan a terepre helyezhető. A mérőkészülék további előnye, hogy a mérés bármikor megszakítható, a készülék a vágányból kiemelhető, majd visszahelyezése után a mérés ugyanott folytatható.

A működés és üzemeltetés több szempontból is biztonságos, egyrészt a készülék villamosan szigetelt kerekei foglaltsági jelzést nem okoznak, másrészt a vezető- és terelő elemek akadálymentes áthaladást biztosítanak a különböző típusú kitérőkön és felépítményi szerkezeteken.

A számítógép vízálló fólia-billentyűzete a külső hatásokkal szemben (eső, szél, por) jól ellenáll. A képernyő +40°C hőmérsékletig biztonságosan üzemel.

A számítógépes program felhasználóbarát, jól kezelhető. A program a mérés eredményeit grafikusán jeleníti meg, így azok könnyen áttekinthetőek.

Az adatokat tartalmazó fájlok külső floppy egységre is átmenthetők, és asztali számítógépen táblázatkezelő program segítségével numerikusan is kiértékelhetők.

A TrackScan kitérő- és vágánygeometria-mérőkészülék mérési pontossága ellenőrző méréseink alapján:

pályahossz mérésnél	≤ 0,16 %
nyomtávolság mérésnél	≤ 0,7 mm
nyomcsatorna mérésnél	≤ 1,5 mm
vezetéstávolságnál	≤ 0,8 mm
tülemelés mérésénél	≤ 0,6 mm
síktorzulásnál	≤ 1,2 mm

A készülék mérési pontossága ellenőrző méréseink alapján nagyon jó, az előírásoknak megfelel.

Összességében megállapítható, hogy a TrackScan ME 3.01 jelű kitérő- és vágánygeometriai mérőkészülék a célnak megfelelő kialakítású, könnyen kezelhető és biztonságos mérési pontosságú műszer.

A vasút felépítményi tartórendszere és az ágyazat kölcsönhatásai.

Dr. Mihalik András

Nagyvárad Egyetem Építészmérnöki Tanszék.

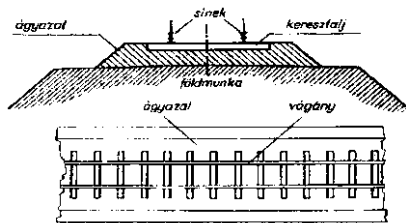
A szerző tanulmányában egy általános képet kíván bemutatni az egyik legérdekesebb műszaki létesítményről, a kavicságyról. Tudatában van annak, hogy a vasúti pályával foglalkozó mérnököknek a téma mint olyan csak feleleveníti a tanult vagy tapasztalt erre vonatkozó ismereteket, de ugyanakkor az építő mérnöki társadalom egy részének, érdeklődőknek sok olyan részletet mutat be amelyek megvilágítják és feleletet adnak eddig ismeretlen, őket foglalkoztató kérdésekre. Ez az egyedüli cél amely a szerzőt e tanulmány megírására készítette.

„Az elméletre egy cédulát kéne függeszteni: figyelemmel, óvatossággal használandó! Nem több mint egy csepp egy liter tapasztalathoz.”

K. Terzaghi

1. Bevezetés

Nem véletlen, hogy sok klasszikus felépítményi munkát ismerünk, amelyeknek szinte közös címe: a sín és a kerék kölcsönhatása. Valóban igen hálás témát ölel fel ez a cím de mindjárt meg kell mondanunk, hogy a gyakorlati pályafenntartás szempontjából fontosabb egyik eddig kevésbé kidolgozott téma, melynek a klasszikus mintára a következő címet adhatnánk: a felépítményi tartórendszer és az ágyazat kölcsönhatásai.



1. ábra

A felépítményi tartórendszer és az ágyazat keresztaljas vágányban

Felmerül mindjárt a kérdés hova tartozik az ágyazat? A felépítményhez vagy az alépítményhez?

A dolog tulajdonképpen megállapodás és szavak kérdése. Valójában helyesebb volna elméleti szempontból kettős csoportosítás helyett, hármas csoportosítást használni, az alépítményről, kavicságyról és felépítményi tartórendszerrel beszélni. Az utóbbira, a felépítményi tartórendszerre a német műszaki nyelvben már egy egyszerű kifejezés alakult ki: Das Gestände.

Hogy a kavics ágyat nem lehet az alépítményhez venni, az nyilvánvaló, hisz a jó alépítmény egyszer, s mindenkorra kész és újításra nem szorul. (pl. szikla, homok, stb.)

A kavicságy azonban közvetlen üzem elhasználódásnak van kitéve és, hogy úgy mondjam fontos szerkezeti szerepet tölt be. Lehetne akár különleges rugórendszernek is tekinteni, amellyel a pálya tartó szerkezetét a szükséghez képest emelni vagy süllyeszteni lehet.

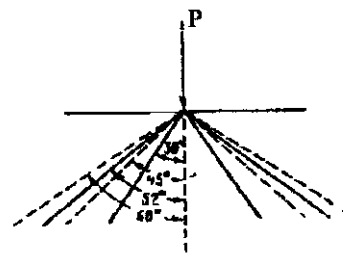
2. A kavicságy mint műszaki létesítmény

Az ágyazat szerkezetileg ha nem is fontosságában, de megkülönböztető szerepében független és egyenrangú a felépítményi tartórendszerrel. Ez a tartórendszer mint ismeretes magából a sínből mint főtartóból és a keresztaljból áll, amely a sínt támasztja de maga is tartószerűen van kiképezve és ezenkívül szerkezeti szerepköre is van, mert a két sínszál helyes dőlését s a legtöbb elrendezésnél a helyes nyomtávot is biztosítja.

Ha az aljzatot a keresztalj pillérzetnek tekintjük, úgy kézenfekvő, hogy az ágyazatot az alépítmény felett alapozásnak tekintsük.

Az ágyazatnak nyomáselosztó szerepe van, ez azonban minden fontossága dacára csak egyike annak a sok jelentős szerepnek amelyek egyikét sem nélkülözheti a jó vasúti vágány. Nem szabad szűkre szabott meghatározással az ágyazat fogalmáról helytelen képet alkotni.

- 30° gömb alakú szemcsék
- 45° 25-40 mm szemmagyság
- 52° 25-70 mm szemmagyság
- 60° 40-70 mm szemmagyság

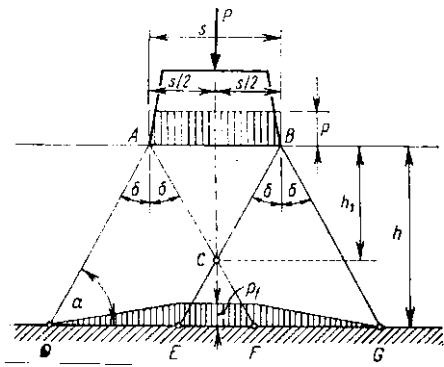


2. ábra

A terhelés átadása a kavicságyban, különböző szögek alatt

$$\begin{aligned} P &= \frac{P_f}{2} (2q + s)(e + 2q) + \frac{P_f}{2} (2q - s)(e - 2q) = \\ &= \frac{P_f}{2} (2qe + se + 2qs + 4q^2 + 2q - es - 4q^2 + 2qs) = \\ &= p_f (2qe + 2qs) = p_f 2q(e + s) \\ p_f &= P \frac{P}{(e + s)2h + tq\sigma} = p \frac{es}{(e + s)2h + tq\sigma} \end{aligned}$$

$$\text{ahol } p = \frac{P}{es} \text{ és } q = h \cdot \operatorname{tg} \sigma$$



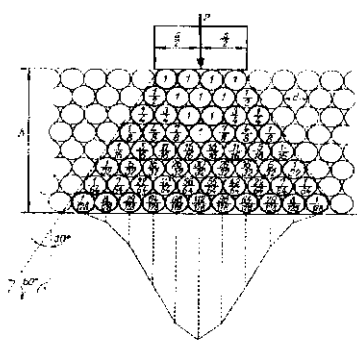
3. ábra

Közelítő nyomás eloszlása a kavicságyzatban és a földmunka felületén

- P – a sín talpa által adott terhelés
- pf – a föld munkára adódó terhelés

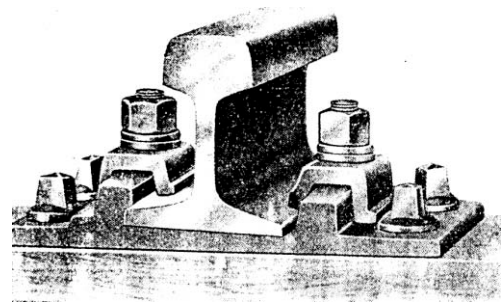
Az ágyzat nem csak alapozás, hanem a pálya gerendázatának, tartórendszerének, könnyen állítható magasságú rugalmas párnája, víztelenítője és úgyszólván foglalata. Az alapozásnak rendszeren egy irányban kell az erőhatással, szemben ellenállnia és az alapozás az eredő irányát rendszeren csak kis mértékben változtatja meg, mert az alig és ritkán lépi túl az alsó lap belső magvát. A vágányban viszont nem csak függőleges irányú, de sokszor egyedül is ható tisztán vízszintes erők is hatnak, és pedig mind a pálya tengelyének irányában, mint arra merőlegesen.

Ilyen formán az ágyzat, amelynek a feladata, hogy ezeket az erőket végeredményben feldolgozza, a felépítményi tartószerkezetnek jóformán rugalmas foglalata.



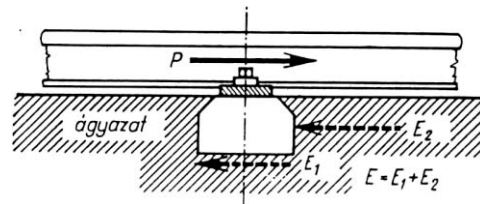
4. ábra

A P terhelés elosztásának az érzékeltetése gömbszemek halmazával



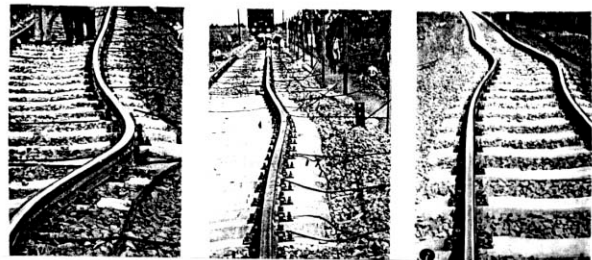
5. ábra

A sín és a talpfa szerkezete, amely kölcsönhatásba lép a kavics ágyazattal G.E.O. (Gesellschaft Eisenbahn Oberbaumaterial) kötéssel merevítve



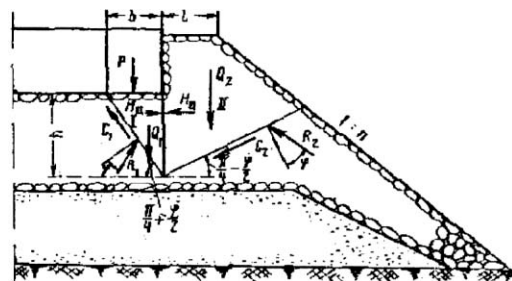
6. ábra

A vágányban keletkező hosszserőt a szorító hatású sínleerősítés a keresztaljon keresztül a kavicságyzat horgonyozza le



7. ábra

Kivetődési kísérletek, mesterségesen előidézett hőhatásra

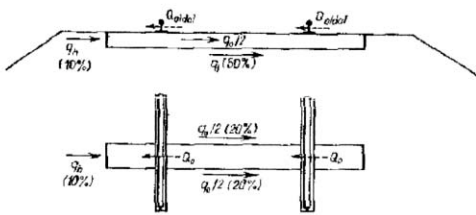


8. ábra

A kavicságy komlokzati részujének erőjátéka a P terheléssel a talpja végén

- Q1 és Q2 a kavics súlya az I és II térfogatba
- C1 és C2 a kavics súrlódása az I - II csúszófelületeken

- R1 és R2 reakcióerők a kavicságy stabil felületen a megfelelő I - II es térfogatban
- H_a - az aktív nyomása az I térfogatnak amely vízszintesen fejti ki hatását az „oldal felületnek”
- H_n - a vízszintes reakció (passzív ellenállás a II - tes fogatnak)
- Φ - belső súrlódási szöge a kavics anyagnak



$$(q \approx 50\%, q_1 \approx 40\%, q_h \approx 10\%)$$

$$q \approx q_1 + q_0 + q_h$$

9. ábra

A teljeságyazat oldal ellenállás (q) három összetevője: a q_1 talpsúrlódás, a q_0 oldalsúrlódás és a q_h homlokfelületei ellenállás ($q \approx 50\%$, $q_1 \approx 40\%$, $q_h \approx 10\%$)
 $q \approx q_1 + q_0 + q_h$

Az ágyazatnak ezt a tengely irányával egyező és arra merőleges irányú vágány elmozdulással szemben fellépő ellenállását, hosszú időn keresztül tudományos kutató intézetek tanulmányozták s jelenleg sincs olyan tudományos vasúti kutató intézet ahol ezek a problémák ne lennének napirenden.

3. Szükség van-e a kavicságyra, mint műszaki építményre?

A kavicsággal kapcsolatban felmerülő kérdések eleje az, hogy egyáltalán szükség van e a kavicságyra?

Tisztában vagyunk azzal, hogy a kavicságyazatot csak akkor tudjuk nélkülözni ha az általa végzett feladatokat más elemekre tudjuk átruházni.

A mondott irányban, eddig három megoldásról van ismeretünk. Az első megoldás exotikus országok kezdetlegességéből, a másik kettő fejlett országok műszaki túlfinomultságából fakad és a mi viszonyaink között gazdaságtalan voltak miatt egyformán nem kerültek alkalmazásra.

Lényegében kisebb jelentőségű de műszakilag érdekes, a jégre épített vasúti pálya, ahol szintén nincs közbenső közvetítő anyag a felépítményi tartószerkezet és a hordszerkezet, a jégkéreg között. 1915-ben próbálkoztak az oroszok első ízben nagy folyók és tundrák jégre vágányt építeni.

A leghíresebb kísérlet és tanulmány a Volgán, Szárátov - Engels városok között folyt (több mint

3,0 Km hosszúságon), amikor is a nyári komp forgalmat e két város között, télen kb. 5 hónapon keresztül, a jégre fektetett vasúti pálya helyettesítette (napjainkban, az 1960-as években megépült hídon bonyolódik le a forgalom).

A tanulmányokat és kísérleteket a Szárátovi Műszaki Egyetem (SZADI) tanszékvezető tanára Prof. Dr.A.A. Milasecskin végezte, akinek a sorok írója egyetemi hallgatója volt.

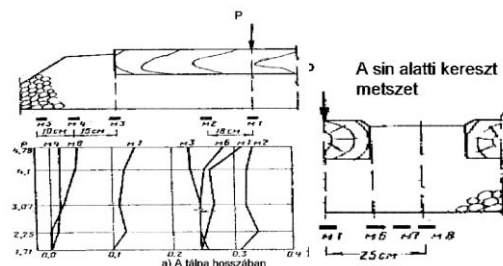
E kísérletek eredményeképpen az oroszok már megbízható elméleti számításokkal, és gyakorlati előírásokkal rendelkeznek, habár e kísérleteknek tragikus következményei is voltak a kezdeti kivitelezéseknek. (a Volga 20 méteres vízében, elűnt egy tehervonat).

A jég húzó szilárdsága 5-15kg/cm², nyomó szilárdsága 40-70 kg/cm² között váltakozik. Rugalmassági modulusa 900 kg/cm². A jégkéreg úgy hajlik be a vonat alatt mint egy igen lapos hajó. A jég besülyedési mélysége, amely a terhelés szerint 1-5 cm-ig terjedhet, csökken a sebesség növekedésével. A számítás kiinduló pontja az Archimedes féle tétel (a vonat súlyára és a belapulás köbtartalmára vonatkoztatva). Gondot okozott a jég dilatációja. Ezért az oroszok irányítható hézagokat teremtettek a -5°C és -20°C lehűléseknél. Bizonyos sűrűségben lyukakat fúrtak meghatározott helyeken és így kapták meg az összehúzódsági hézagokat, ahol akarták, vagy ahol szükséges volt.

4. A kavicságy mint rugalmas struktúra

Tovább haladva, felmerül a kérdés, hogy az eddigi gazdag tapasztalatok alapján, az alkalmazandó ágyazati anyag minőségre és szemszerkezetére milyenek a kialakult irányelvek. Ez is műszaki-gazdasági kérdés természetesen, amelyre egyetemesen érvényes választ nem lehet adni.

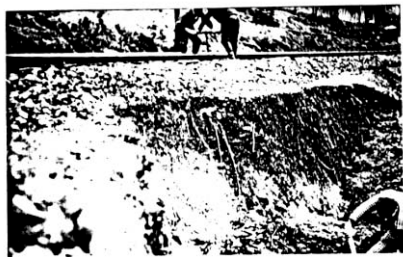
Mértékadó a beszerzési ár, a bányának a beépítéstől való távolsága, a forgalom sűrűsége, az alkalmazott felépítmény és az éghajlat.



10 ábra

A nyomás mérők elhelyezése és $A \frac{\sigma}{P}$ változása a P függvényében

b).



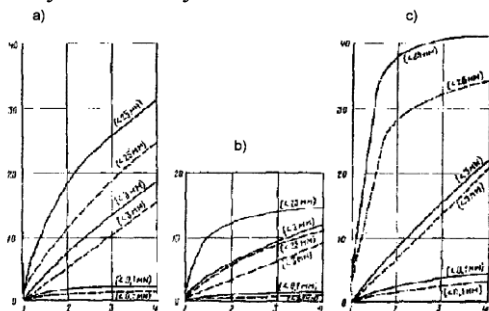
14. ábra

a) A kavicságy kialakulása

b) A következmény a rézsű megcsúszása

A kavicságytól azt kívánjuk, hogy a belekerülő vizet ne raktározza, gyorsan vezesse át magán, hogy a víz káros hatását ne fejthesse ki. A kavicságyban megmaradó víz télen megfagy és fagypókokat okoz, ami veszedelmes, nyáron pedig meglazítja a földmunkát, annak felső részét és a kavicszásoknak lesz szülő anyja.

Szennyeződés súly %



15. ábra

A kavics különböző szemszerkezetének kopása a vonal terhelési intenzitásának a függvényében

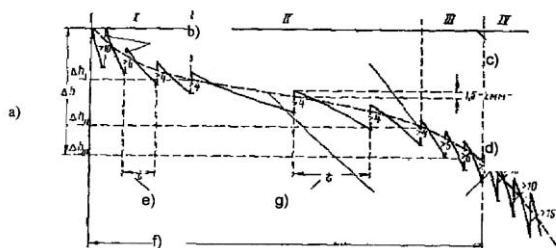
a) 25 – 70 mm

b) 40 – 70 mm

c) 25 – 40 mm

(a szaggatott vonal a középérték míg a folytonos vonal a maximális kopást ábrázolja)

Periódusok a javítás után



16. ábra

A kavicságy elvi működésének a vázlat két javítás között, az ágyazat egy keresztmetszetében

a) remanens deformációk,

b) magassági eltérések a pályán 8 mm (középérték)

c) hosszmetset a javítás után,

d) 1,5 – 3 mm tartalék a süppedésre

e) a magassági eltérések javításának a periódusai,

f) A javítások közötti periódus

g) A süllyedési vonal a pálya hossz tengelyében a fenntartás ideje alatti, az áthaladt vonatterhelések függvényében

Amint láthatjuk a vizet a kavicságyban semmi körülmények között sem szabad megtúrni és a kavicságy igénybevétel átvevő képességének épségben tartására különös gondot kell fordítani.

5. Következtetés

A kavicságy tehát az egyik legérdekesebb műszaki létesítmény. Azonnal belátjuk ezt, ha átgondoljuk a kavicságy lényegét és feladatát.

A kavicságy kőnemű anyagok szemszerkezetéből álló, rugalmas teher-viselő, vízáteresztő réteg mely a földmunka tetejére elterítve azt részben betakarja és védi, átveszi a járművekről átháruló terhelést és azt szétosztva közvetíti az alépítményre és ennek közvetítésével a termett talajra.

Ebben a meghatározásban benne van a kavicságy szerepe, rendeltetése, szerkezete, valamint kölcsönhatása a felépítményi tartórendszerrel.

Irodalom

1. Vásárhelyi Boldizsár: Hézagnélküli vasúti pályák. Budapest, 1960.
2. Gerhardt Schramm: Oberbautechnik und Oberbauwirtschaft. Darmstadt, 1960
3. Nemesdi Erwin: Vasúti felépítmény. Budapest, 1966. 4.
4. Marcel Rădulescu: Calea fără joantă, București 1963.
5. Mihalik A: Avarierea terasamentelor de cale ferată, INCERC București 1986.
6. Mihalik A: Ridicarea capacității portante a platformei căii cu ajutorul piloților de nisip, INCERC București 1982.
7. Mihalik A: Ridicarea capacității portante a platformei căii cu ajutorul betonului pământ, revista Căilor Ferate Nr. 11, București 1963.
8. Gumenski B.M.: Trixotropia grantor. Moskva 1961.
9. Popov S. N. Balastnii sloi ieleznodorojnovo putyi. Moskva 1965.

A felületi feszültség és a fémmínőség

Dr. Szőcs Katalin

Kolozsvár

A felületi feszültség és az elegyeket alkotó elemek elektropozitivitása között összefüggés van. A fémiparban ismeretes az alkáli fémek és az alkáli földfémek vegyületeinek minőség-növelő hatása az alumínium, réz és vas ötvözeteinél. A gyakorlat azt mutatja, hogy ha egy fémfördőbe az illető fémnél elektropozitívabb elemeket vagy azoknak elegyét adagoljuk, a lehűlés után kapott fém kristályai módosulnak és szilárdsági jellemzői javulnak. Az ilyen irányú kísérletekről szóló leírás, mikroszöveti vizsgálatok által, betekintést nyújt a vasötvözetek minőségi változásának követésére. A ferrit, a perlit és a karbidok formája valamint a szilárdsági jellemzők nagymértékben függenek a felületi feszültség-növelő anyagok adagolásától.

Bevezető

A fémek minősége – vegyi, fizikai és szilárdsági jellemzőik – közvetlenül befolyásolják a legtöbb használati eszközünk élettartamát és minőségét. A fémek minősége és a mikroszövetükben fellelhető fémkristályok felületi feszültsége között összefüggés van.

A felhasználás függvényében a fémek minőségét különböző ellenőrzési és megelőzési módszerrel szavatolják. Ezeket három nagy csoportba sorolhatjuk: fizikai, kémiai és mechanikai jellemzők meghatározása. Valamely használati eszközben alkalmazott fém minőségét a célnak megfelelően e három módszer közül eggyel vagy többel is vizsgálhatják és minősíthetik. Ezek a vizsgálati módszerek kiegészítik vagy megerősítik a már kapott minősítési eredményt. Így a szükséges mechanikai jellemzők rendszerint jó mikroszövetet és vegyi összetételt igazolnak. Egyes esetekben az egyik ellenőrzési módszer kizáró jelleggel bír az illető fém minősítésénél. Így a gömbgrafitos és a kopásálló ötvözetek minősítésénél a mikroszövet ismerete a legfontosabb. A mikroszövetben a fémkristályok alakja a fémolvadéokban fellelhető felületi feszültségre utal.

A felületi feszültség és az elegyeket alkotó elemek elektropozitivitása között összefüggés van. Így a fémgyártásban ismeretes az alkáli fémek és az alkáli földfémek jótékony hatása az alapfém mechanikai szilárdságára és mikroszövetére. A fémek mikroszövetében látható kristályok alakja megszilárdulás után a fémfördőben található felületi feszültség szerint alakul. A mechanikai jellemzők javulásával a fémkristályok mind gömbölyűbb alakot vesznek fel. Nemcsak az alkáli fémek és az alkáli földfémek javíthatják a többi fém tulajdonságait. Bármely fém esetében minden elektropozitívabb és tömörebb kristályráccsal rendelkező fém jó hatással lehet.

Ha egy fémfördőbe az illető fémnél elektropozitívabb elemet vagy annak vegyületét adagoljuk és utána rögtön kiöntjük, megszilárdulás után a kapott fém mechanikai jellemzői rendszerint jobb minősé-

gi szintet mutatnak és kristályai gömbölyűbbé válnak. Ezt az adagolást módosításnak, finomításnak, esetenként dezoxidálásnak nevezzük. Megfelelő körülmények között a fémkristályok alakja annál gömbölyűbb minél több elektropozitívabb elemet adagoltunk az adott fémfördőhöz. Mivel a túlzásba vitt módosítás a fém rétegződéséhez, úgynevezett flotációhoz vezet, a módosítási technológiát esetenként meg kell határozni. A módosításhoz szükséges anyagmennyiség általában 0,1-3% között változik. Mivel a módosításhoz használt elektropozitív fém könnyen oxidálódik és forráspontja sok esetben több száz fokkal alacsonyabb mint az alapfémé, ezért gyakran a módosító fém vegyületével vagy elegyével dolgoznak. A vegyületek az alapfém nagyobb olvadási hőmérsékletén rögtön elbomlanak. Módosításra a színesfémek öntésénél a következő vegyületek valamelyikét használják: nátriumkarbonát, nátriumhexafluoszilikát, nátriumszulfát, kalciumfluorid, magnéziumfluorid, nátriumfluorid, üvepor, kriolit, káliumklorid, kalciumoxid, magnéziumoxid stb.

A vas és más nehézfém módosítóanyagai ferroötvözetek néven ismertek, de lehetnek fémek is. A ferroötvözetek a tiszta vassal már előre 1-20%-ban elegyített magnézium-, kalcium-, bárium-, stroncium-, bór-, alumínium- és szilíciumtartalmú ötvözetek a módosítással járó olykor heves reakciók elkerülése végett. Elektropozitívabb jellege miatt a módosító fém könnyen oxidálódik nemcsak a levegő oxigénjével, hanem a fémfördőben található oxidokkal is, ezért erős dezoxidáló hatása is van. A módosító hatás időben változik. Az elektropozitívabb módosító elem, alacsonyabb olvadási hőmérséklete miatt, könnyen elpárolog és kiég, így módosító hatását fokozatosan elveszíti. Ezért a módosítóanyag adagolását közvetlenül öntés előtt kell elvégezni, lehetőleg az öntőüstben. Az így kapott fémeket az öntőüstből minél hamarabb ki kell önteni, mert a módosító hatás csak tovább csökken, mely mérhető a fém mechanikai jellemzőivel és látható a kristályok alakján. Ez a jelenség nem más mint a felületi feszültség csökkenése a módosításra

használt fém elpárolgása és oxidációja következtében. A szakirodalom a teljes indukált felületi feszültség csökkenését „lecsengésként” ismeri.

A fémminőség, illetve a felületi feszültség időbeni változását legkönnyebben a mikroszöveten követhetjük. A fémek kristályszerkezetét a csiszolt felületükön vizsgáljuk vegyszerekkel való maratás után. Felületkezelő maratásra többféle vegyszert vagy azok elegyét használják, amelyek a cementitet nem támadják meg, de láthatóvá teszik a fémkristály kontúrjait. Maratásra salétromsavat, sósavat, pikrinsavat, krómsavat, nátriumpikrátot stb. használnak. A mikroszövet vizsgálatát megfelelő mikroszkóppal végzik, mellyel 100-tól 100 000-szeres nagyítás is elérhető.

Egyes fémek módosító hatása kristályszerkezetüknek köszönhető. Mivel összefüggés van a fémkristályok alakja, a felületi feszültség és a fémminőség között, ezért röviden áttekintjük a fémek kristályosodási módját a továbbiak megértéséhez. Az ismertebb fémek kristályszerkezetét és rácsméreteit az 1. táblázat szemlélteti. Többnyire három kristályforma fordul elő: köbös, hexagonális és tetragonális. Az utóbbiak csak vegytiszta fémek esetében fordulnak elő. Így a használati tárgyainkban található fémek zöme köbös kristályrácsú. Kétféle köbös kristályrács ismeretes: tércentrált és lapcentrált. Legkevésbé tömör a tércentrált köbös kristály, 9 atommal egy rácsban, mely α -vas vagy ferrit néven ismeretes, mint lágy, kis mechanikai szilárdsággal rendelkező fém. Mikroszkóppal a ferrit világos mezőként látható. (1. ábra) A lapcentrált köbös kristály tömörebb, öt atommal többet tartalmaz, γ -vas vagy perlit néven ismert. Mikroszkóppal a perlit maratás után sötét mezőként látható. A csiszolt fémfelületen a ferrit és a perlit alakja lehet hosszúkasan megnyúlt vagy többé-kevésbé kerek. Gömbölyűbb kristály esetében a fém jobb mechanikai jellemzőkkel rendelkezik. A hexagonális kristályráccsal rendelkező fém a legtömörebb és a gömbölyűbb formához legközelebb álló kristállyal rendelkezik. Így kristályosodik a csúcstechnológiákban oly gyakran használt kobalt, titán és az elektropozitív magnézium. Ha az alumínium- vagy a vasötvözetek minőségét javítani akarjuk, legegyszerűbb ha módosítóanyagként hexagonális kristályráccsal rendelkező fémeket adagolunk. A magnéziumadagolás kivételével ezt a műveletet ötvözésnek hívják. Ha a ferrites fémhez hexagonális szerkezetű fémeket adunk, akkor perlites szerkezetet kapunk. A módosítás hatása fordítva is érvényesül. Ha egy perlites szerkezetű fémről ferriteset akarunk kapni, akkor savas jellegű módosítóanyagot kell adagolnunk, mely a felületi feszültséget csökkenti. Ilyen savas jellegű anyag a ferroszilícium. Ugyanakkor egy adott fém magasabb szilíciumtartalma savas jelle-

généel fogva több bázikus módosító anyagot igényel ugyanolyan felületi feszültség elérése érdekében.

A hexagonális kristályráccsal rendelkező bázikus módosító anyag minőségjavító hatását legkönnyebben a vas ötvözeteinél figyelhetjük meg. A legegyszerűbb acél vagy nyersvas más szennyező elem hiányában ferrites, azaz tércentrált köbös kristályszerkezetű. A vasat kísérő szén a kristályok szélén lemezes formában helyezkedik el. Ha a ferrites vashoz magnéziumot, kalciumot, báriumot vagy ezek elegyét adjuk a felületi feszültség növelésével a szén mind tömörebb formát vesz fel. Ezeket a szénalakzatokat kialakulásuk sorrendjében nevezik lemezes, fészkes, korall vagy vermikuláris, szabálytalan gömb és szabályos gömbgrafitnak. A 2. ábrán a fontosabb módosított vastípusoknak megfelelő grafitalakzatokat láthatjuk. Az Euroszabványok szerint a grafitípusokat római számmal jelölik I-től VIII-ig. A grafit gömbösödésével az öntvény szilárdsági jellemzői is mind magasabb minőségi szintet érnek el. (2. táblázat) Módosító vagy gömbösítő anyagként többnyire magnézium-reszeléket vagy magnéziumtartalmú ferroötvözetet használnak. A gömbgrafitos vas mikroszövetében a ferrit kerek fehér mezőként veszi körül a fekete gömbgrafitot (3-a. ábra) A perlit sötét mezőként jelenik meg a ferrit mögött. Az elektronmikroszkóppal a perlit lemezkéi jól láthatók a gömbgrafit mellett egy teljesen perlites vasban. (3-b. ábra)

Egy adott fém minőségére utal a fémfördő salakjának SiO_2 illetve CaO tartalma is. A salak bázikusságát CaO/SiO_2 arányával fejezik ki. Fémek előállításánál a salak a levegő oxidáló hatására magából az alapfémből és a nemfemes zárványok kiválásából keletkezik. A salak bázikusságának ismerete igen fontos az olvasztómű belésének és a szükséges módosító eljárás kiválasztásához. A fémfördő tetejére felszálló salak bázikussága nő a fém elektropozitív jellegével. Legbázikusabb a hexagonálisan kristályosodó fémek salakja, ahol a felületi feszültség is magasabb. A salak bázikussága legkisebb az alacsonyabb felületi feszültséggel rendelkező tércentrált köbös kristályrácsú fémeknél. Jó minőségű fémek öntéséhez a módosító hatás hosszabb kell legyen mint a módosítástól az ötvözet megszilárdulásig eltelt idő. Tehát az öntési idő rövidebb kell legyen mint a lecsengési idő. A fémöntődék gyakorlatában az öntéshez szükséges idő 5 perctől 40-50 percig változik a formázó sor sebességétől, az öntvények nagyságától és az öntés módjától függően. A módosító hatás időállósága az alkalmazott bázikus anyagtól és a fémfördőben található savas jellegű elemek koncentrációjától függ.

1. Szürke öntvények

Kísérleteinket a szürke öntvények közül a gömbgrafitos vasakra terjesztettük ki, melyeknél a módosító hatás időállósága a grafit alakján könnyebben követhető. Kísérleteinkhez egy 5% és egy 11% magnéziumot tartalmazó szilíciumos ferroöntvözetet alkalmaztunk. A folytvas hőmérséklete 1450-1480°C, miután kéntelenítettük a foszfortartalmat 0,040% alá csökkentettük, a szilíciumtartalmat pedig 0,1 és 1,4 között változtattuk. Lényegében a fürdő szilíciumtartalmának 1,4% alá való csökkentésére külön finomítási technológiát dolgoztunk ki. [14]

A grafit alakjának változása a magnéziumöntvözet adagolásával egy 0,6% szilíciumot tartalmazó elővasnál a 4. ábra szerint alakult. Kevesebb magnéziumot tartalmazó ferroöntvözetből többet kell adagolni, hogy megfelelő gömbösítő hatást érjünk el. A mikroszövet vizsgálatára a mintákat módosítás után 5 perc múlva öntöttük.

A vasfinomítás költséges volta miatt és az adott öntési időnek megfelelő lecsengési idő ismerete érdekében, a finomítási fok változásával vizsgáltuk a grafit alakját különböző öntési idő után. Az 5. ábra a lecsengési idő és az olvadék szilíciumtartalma közti összefüggést mutatja különböző mennyiségű és minőségű magnéziumöntvözet adagolásánál, 0,030% kéntartalomnál, 0,040% foszfor- és 0,32% mangántartalomnál.

A fürdő szilíciumtartalmának a növekedése a gömbgrafit gyorsabb szétesését eredményezi. Ugyancsak rövidebb lecsengési időhöz vezet a kisebb magnéziumtartalmú ferroöntvözet és a kisebb adagolási mennyiség. Ha a körülmények miatt vagy a minőség biztosításáért nagyobb öntési időre illetve későbbi lecsengésre van szükségünk, kisebb szilíciumtartalommal, vagy adott esetben nagyobb magnéziumadagolással kell dolgoznunk. A magnéziumadagolást azonban a végsőkéig nem lehet növelni épp a módosítás után keletkezett folytvas szilíciumtartalmának növekedése miatt. Ahhoz, hogy a keletkezett gömbgrafitos vas szilárdsági jellemzői jók legyenek a végső szilíciumtartalom nem haladhatja meg a 3,0%-ot. A helyzetet bonyolítja, hogy nemcsak a magnéziumöntvözetben levő szilíciummal kell számolnunk. A magnézium hatására az α -vasból (ferrit) γ -vas (perlit és cementit) lesz, mely a kialakult ötvözetnek nagy törékenységet kölcsönöz. A gömbgrafitos vasra jellemző rugalmasság eléréséért a magnéziummal való gömbösítés után mindig ferro-szilíciumot is kell adagolni, mely újabb szilíciumnövekedéshez vezet. Ezért az elővasnál eléggé szűk szilíciumtartománnyal és jó minőségű magnéziumöntvözetrel kell dolgoznunk. A ferroszilícium adagolásának változtatásával a ferrit/perlit arányt a kívánt értékre állíthatjuk a vas szilárdsági paramétereinek megfelelően. A 3. táblázatban látható gömbgrafitos vasminőségek szilárdsági jellemzőit az optimális

zónának megfelelő paraméterek betartásával kaptuk. Megfigyelhető, hogy hőkezelés nélkül milyen nagy a szakítószilárdság, a folyáshatár és a nyúlás. Kísérleteink eredményeit több és alkalmazott találmányban hasznosítottuk.

A fémek minősítéséhez szükséges szilárdsági jellemzők és a mikroszövet vizsgálata nemcsak drága és időigényes, hanem az öntvények egy részének feldarabolását is igénylik. Ezenkívül a gyártás során szükséges gyors döntéshozatalhoz nem megfelelően gyors ellenőrzési módok. A gömbgrafitos öntvények gyártásánál a lecsengés ellenőrzésére és a minőség jobb biztosítása érdekében gyorsabb roncsolásmentes vizsgálatok kutatásába kellett hogy kezdjünk. Összefüggést kerestünk a grafit alakja illetve a vas kristályainak felületi feszültsége és az ultrahang terjedési sebessége között. Az ultrahangos mérésekhez ép öntvényeket valamint szabványos mintadarabokat is használtunk. Az ultrahangot mint minőségellenőrző módszert az utóbbi két évtizedben az acélgyártásban használták rejtett üregek és zárványok kimutatására.

A kísérletek során kiderült, hogy a grafit alakja nagymértékben befolyásolja a vas-szén ötvözetekben az ultrahang terjedési sebességét. A nemzetközi minősítési szabványok szerint a gömbgrafitos vasnál fontos mikroszöveti követelmény az V. és VI. típusú grafit aránya a III. és IV. típusúhoz képest. kísérleti eredményeink szerint az V. és a VI. típusú gömbgrafit arányának növekedésével mind a ferrites mind a perlites gömbgrafitos vasban az ultrahang terjedési sebessége nő. (7. ábra) A mérési eredmények nagy szórása ellenére megfigyelhető, hogy a ferrites (tércentrált köbös) szövetű öntvényben az ultrahang terjedési sebessége valamivel kisebb, mint a túlnyomóan perlites (lapcentrált köbös) szövetűben. Logikusan következik, hogy a cementittartalom növekedésével is nő az ultrahang terjedési sebessége, ahogy a további kísérletek igazolták. [12] A mikroszövet elemei, mint a ferrit, perlit, cementit, gömbgrafit mennyisége és az ultrahang terjedési sebessége közti összefüggést a 8. ábra mutatja. Ez a diagram a gömbgrafit arányát veszi figyelembe, nem szemlélteti a flotációs rétegben található VII. és VIII. típusú grafit hatását. Ez azért történik, mert a jól tápfejezett öntvényeknél a flotációs réteg nem jelenik meg. Méréseink azonban azt igazolják, hogy az I. típusú grafitól a VIII. típusú felé haladva a felületi feszültség növekedésével az ultrahang terjedési sebessége folyamatosan nő. (10. ábra) A mérési eredmények nagy szórásának egyik oka az, hogy az ultrahang terjedési sebességét az eutektikus cellák nagysága is befolyásolja. A mikroszövet minél apróbb kristályú, annál nagyobb az ultrahang áthaladási sebessége és annál jobb minőségű. A másik ok a fémkristályok szilárdulási irányában keresendő. A fémolvadék beömlési és dermedési irányával párhuzamosan és me-

rölegesen mért ultrahang terjedési sebességek 100-280 m/s eltérést mutatnak.

Ismeretes, hogy a gömbgrafitos öntvény rétegződésre hajlamos különösen akkor, ha több magnéziumot vagy ferroszilíciumot adagolunk jobb gömbösítésért vagy nagyobb nyílás eléréséért. Kísérleteink eredményeképp ultrahanggal kimutatható a rétegződés oka. Ha a flotációt magnézium, bárium, stroncium stb. túladagolása okozza, az ultrahang terjedési sebessége a felső flotációs rétegben nagyobb (5700-5760 m/s), az öntvény alsó részében kisebb (5500-5640 m/s). Ha a rétegződés oka a ferroszilícium minősége vagy a túlhaladott öntési idő miatti lecsengés, a flotációs rétegben az ultrahang terjedési sebessége mindig kisebb mint az öntvény alsó részében. Az első esetben a flotációs rétegben VII. és VIII. típusú grafit, a második esetben III. és IV. típusú grafit található. Ennek ismeretében az ultrahang segít a gömbgrafit öntvénygyártás javítását célzó döntések gyors meghozatalában, ugyanakkor betekintést nyújt a fémkristályok felületi feszültségére, illetve a fém minőségére.

2. Fehér vasak

Az ötvözött fehér vasaknál is megfigyelhető a felületi feszültséget növelő anyagok jótékony hatása a mikroszövetre, illetve az ötvözetek tartósságára. A karbidos ötvözeteket kopásálló alkatrészek gyártására használják a golyósmalmoknál, hengerműveknél, gépjárműveknél stb. E nagy keménységű ötvözetektől függ a cement minősége, a porcelán kötőképessege, a színesfémek érceinek tisztítása stb. A kopásállóság növelésére a vasat karbidképző elemekkel ötvözik, mint a króm, vanádium, wolfrám. Szükség esetén a vas 25-30% krómot is tartalmazhat. A különböző ötvözőelem karbidjainak keménysége eltérő, ahogy a 10. ábra is mutatja. [13] Logikus volna, hogy a nagyobb keménységű karbidokat elemek használata, mint a bór, titán, cirkónium, vanádium, kopásállóbb öntvények gyártását tennék lehetővé. Az oxigénnel szembeni nagyobb affinitásuk miatt nagyobb mérvű ötvözésre mégsem használják őket, mert viszonylag hamar oxidálódnak és kiválnak a vas salakjába. Míg a krómmal ötvözött folytvas salakjának krómtartalma csak fele mint a fémnek, addig a vanádiummal ötvözött vas salakjában 15-20-szor annyi vanádium található mint a megfelelő fémfürdőben. Nagyobb mérvű ötvözést az öntőüstben pedig nem lehet végezni a vas lehülése miatt. A fenti ferroötvözetek az olvasztó kemencében kell a vashoz adagolni magas olvadási hőmérsékletük és nehézkes porításuk miatt. Az ötvözésen kívül a fehér vasakat az üstben is módosításnak kell alávetni.

Kísérleteinkhez krómmal ötvözött fehér vasat állítottunk elő 13-32% krómtartalommal, melyben

2,3-2,4% szén, 0,2-0,3% szilícium és mangán, 0,030-0,040% kén és foszfor is volt. Az üstben való módosításnál különböző aktivitású elemet használtunk, hogy a fémkristályok közötti felületi feszültség hatását vizsgálhassuk. Öntés után a vas minőségét a szabványoknak megfelelően koptató vizsgálatokkal és az alapszövet elemzésével ellenőriztük.

A koptató vizsgálatokat M50(03) kvarchomokkal és sajtolt acélból készült ellentesttel végeztük. Három változónak (a krómtartalom, t kopási idő, p kontaktnyomás) a kopásra gyakorolt hatását vizsgáltuk. A változók alapszintjét és terjedelmét a 3. táblázat tartalmazza. A fordulatszám állandó, 350 ford/perc. A kopást tömegcsökkentéssel mértük milligrammban. A 11. ábrán látható kopási eredményekből a következő regressziós egyenlethez jutottunk:

$$m = 4,39 - 0,2524 \cdot Cr + 1,195 \cdot T + 7,892 \cdot p$$

A kopás a krómtartalom növekedésével csökken, a nyomás és az idő növelésével pedig nő.

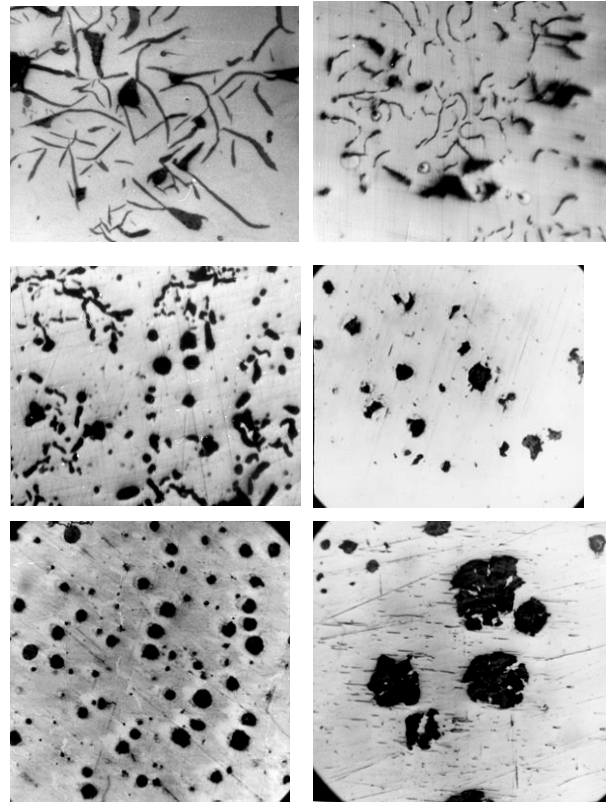
A kopásálló ötvözetek alapszövetében fehér karbidok és sötét mezőinek látszó ausztenit és/vagy martenzit található. Az apróbb szemcséjű karbidtömörülések és a kerekesebb formájú martenzitmezők jobb minőségű ötvözetre utalnak. A koptatási felület metszetének alapszövege azt mutatja, hogy a martenzites mátrix és a karbidtömörülések egyenlően kopnak. (12. ábra) A kvarchomok szemcséi helyenként barázdásan kitépik az ötvözetet; a kiszakítás mindig a kristályhatárokon elhelyezkedő karbidok mentén történik. Elektronmikroszkóppal jól láthatók a kitépelt kristályok kontúrja. (13. ábra) A mátrix törékeny részét tehát a karbidok képezik. Ebből következik, hogy nemcsak a karbidok mennyisége, hanem a mátrix és a karbidok alakja, valamint finomsága a fém minőségét közvetlenül befolyásolja. Ahhoz, hogy megvizsgáljuk az üstben való módosítás hatását az alapszövetre különböző bázikus és savas jellegű adalékanyagot használtunk. A módosító anyagokat porítottuk 1-2 mm szemcse nagyságúra és öntés előtt az üstbe adagoltuk. Egy 2,3% szén-, 0,3% szilícium- és 0,4% mangántartalmú kéntelenített vasat 15,3% krómmal ötvöztünk 1500°C-on. A vas alapszövetét ötvözés előtt és után a 14. ábra szemlélteti. A krómmal való ötvözés az eutektikus karbidok felaprózódásához vezet. Módosítás nélkül a mátrix és a karbidok hosszúkás alakja és irányítottága gyenge vasminőségre utal.

Módosítóanyagként ferroszilíciumot (FeSi), folypátot (CaF₂), ferrobórt (FeB), és ferroszilikomagnéziumot (FeSiMg11) használtunk. A módosítás után kapott ötvözetek alapszövetét a 15. ábrán láthatjuk, a karbidrészeske számláló kvantimmal mért jellemzőket és az ütőmunkát a 4. táblázat szemlélteti. Legjobb eredményt a ferrobór + folypát kombinált módosítóanyaggal értük el (14-1. ábra),

mellyel legtöbb apró szemcséjű karbid, finom mátrix és nagy ütőmunkájú ötvözet keletkezett. Bizonyára a bór és kalcium együttes felületi feszültségkeltő hatása érvényesült. A 14-4. ábrán látható, hogy a savas jellegű szilícium módosítóanyagként nem használható dezoxidáló hatása ellenére sem. A magnéziumot és szilíciumot tartalmazó (FeSiMg11) ferroötvözzel a karbidok felaprózódnak, de a mátrix elnyúlt alakot vesz fel, mely törekeny ötvözetet eredményezett. Ebből következik, hogy jó minőségű kopásálló ötvözet csak felületi feszültségnövelő bázikus anyagok adagolásával nyerhető. A felületi feszültség növelésével azonos hőkezelési mód mellett a martenzitmezőben található szekunder karbidok formája is kerekedik. Ezek a karbidok csak elektronmikroszkóppal láthatók (16. ábra).

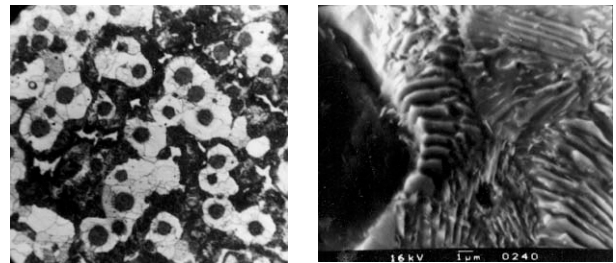
A kísérletek eredményeként két bejegyzett és alkalmazott találmány született. A legyártott ötvözetek egyes hengerműben és cementmalom őrlőgolyóiként (Torda, Élesd, Deva, Roşia Montana, Medgidia stb.) kis kopás után megtalálhatók.

A fentiekből kitűnik, hogy összefüggés van a fémötvözetek kristályainál észlelt felületi feszültség és a fémek minőségi jellemzői között. Megfelelő ötvözéssel és elektropozitívabb módosítóanyagok használatával, valamint jó hőkezeléssel az ötvözetek élettartama tovább növelhető. Az alkáli fémek vagy alkáli földfémek adagolásával a kristályok gömbölyűbbek és apróbbak lesznek, szívósabb és kopásállóbb ötvözetet eredményeznek.



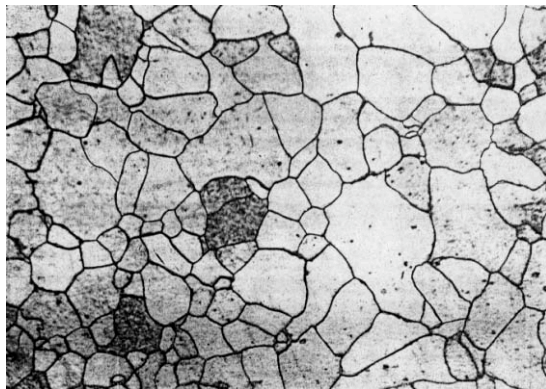
2. A grafit alakjai, 200x:

1. lemezes, I;
2. fészkes, II; 3. vermikuláris, III,
4. szabálytalan gömb, IV és V;
5. gömbgrafit, VII és VI; 6. flotációs, VII, VIII.

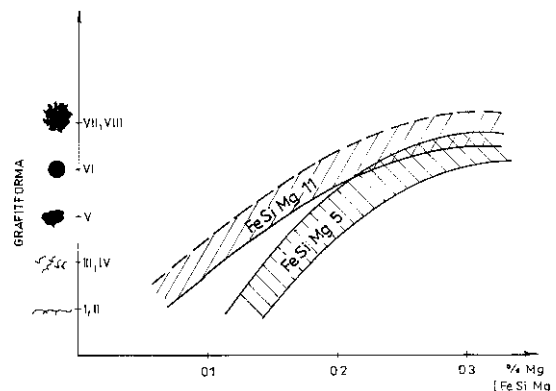


3. A gömbgrafitos vas alapszövete,
a. 10% ferritet tartalmazó perlitese vas, 200x
b. a perlit erezete a gömbgrafit mellett, 16 000x

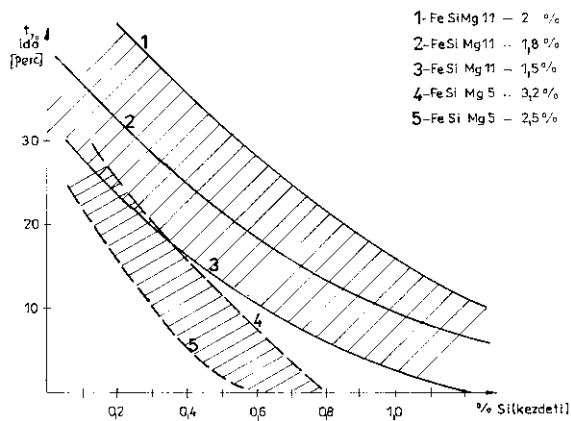
Ábrák



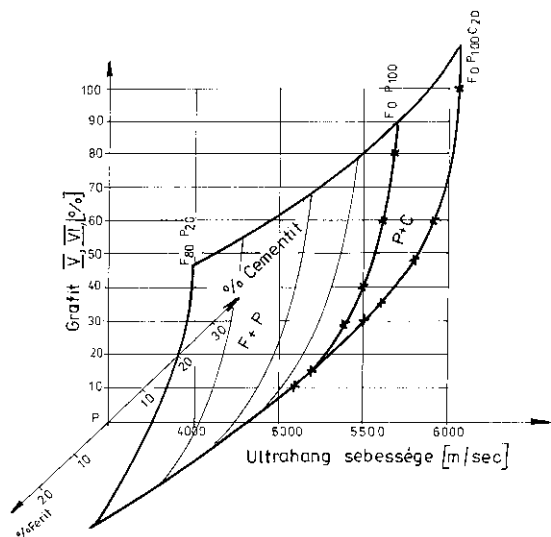
1. A ferrit, az α -vas alapszövete, 100x



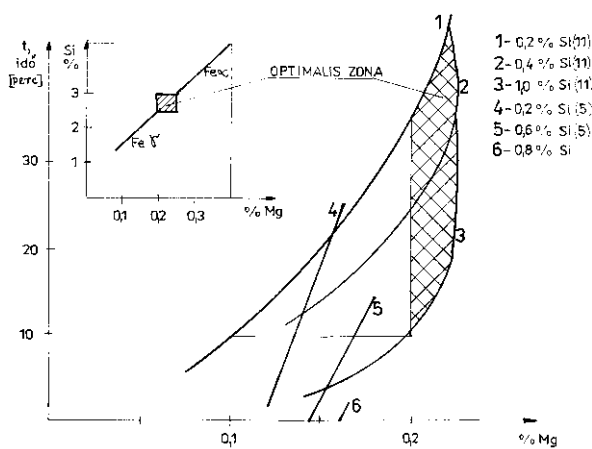
4. A grafit alakjának változása magnézium adagolás hatására.



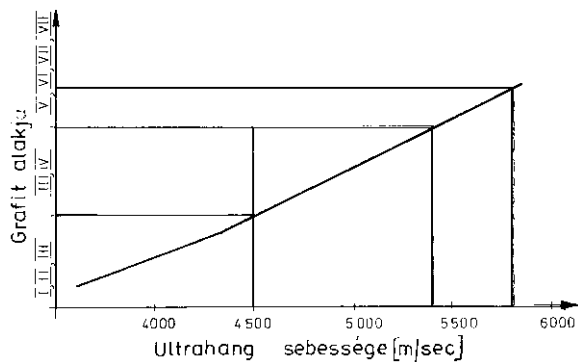
5. A lecsengési idő, az olvadék szilíciumtartalma és a magnéziumadagolás közti összefüggés.



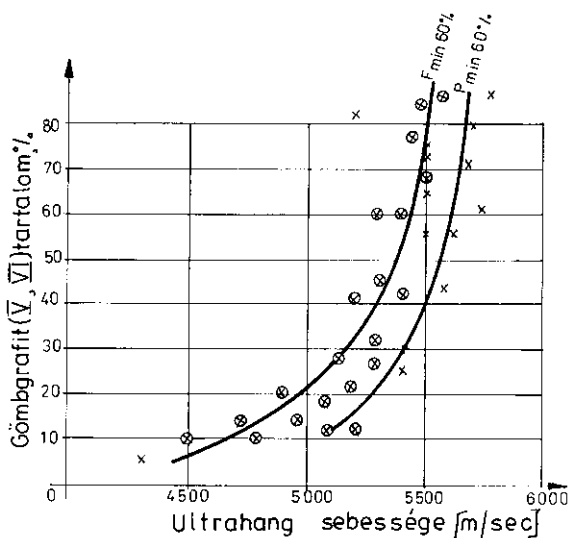
8. Az alapszövet elemei és az ultrahang terjedési sebessége közti összefüggés.



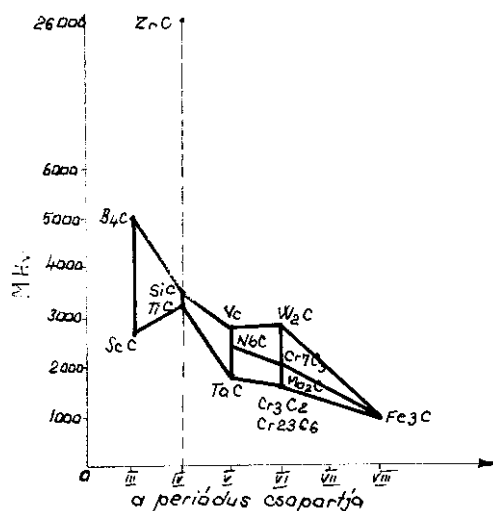
6. A lecsengési idő magnéziumadagolás függvényében az optimális technológiai adatokkal.



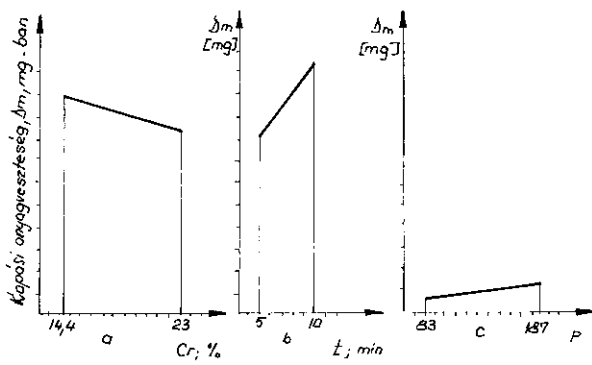
9. A grafit alakja és az ultrahang terjedési sebessége közti összefüggés.



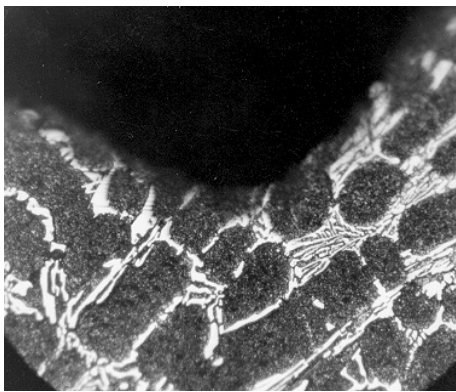
7. Az ultrahang terjedési sebessége a gömbgrafittartalom (V. és VI.) függvényében.



10. A karbidok mikrokeménysége (MHv) az elemek elektropozitív jellege függvényében.



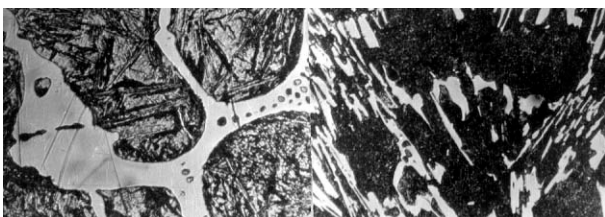
11. A kopási anyagvesztés a változók (Cr, t, p) függvényében.



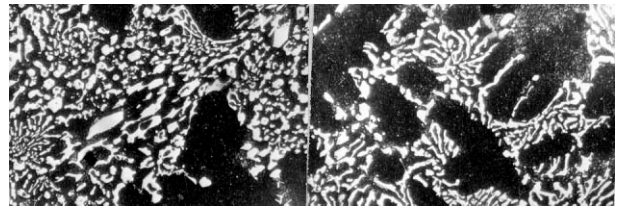
12. A kopási felület metszetének alapszöve, 200x.



13. A felületről az anyag kiszakadása a kristályhatárok mentén történik, 1200x.

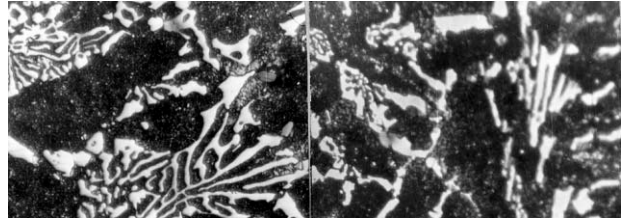


14. A kiinduló vas alapszöve módosítás nélkül, 500x:
a. ötvözés előtt; b. ötvözés után



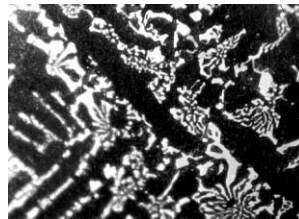
1. FeB + CaF₂

2. FeB



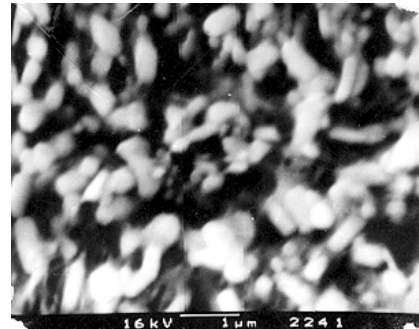
3. CaF₂

4. FeSi

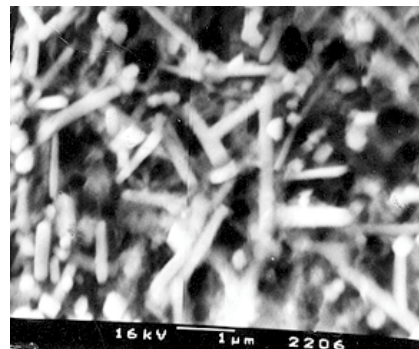


5. FeSiMg11

15. Az ötvözet alapszöveének változása módosítással, 500x



a. FeB adagolás előtt



b. FeB adagolás után

16. A szekunder karbidok látható alakja az elektronmikroszkóppal,

Táblázatok

1. táblázat. Egyes fémek kristályszerkezete (3)

Fém	Rácsméret L	Fém	Rácsméret L
Tércentrált köbös		Hexagonális	
Króm	2,88	Kobalt	c 4,02 a 2,51
Molibdén	3,51	Magnézium	c 5,21 a 3,21
Vanádium	3,03	Titán	c 4,68 a 2,95
Wolfram	3,16	Cink	c 4,95 a 2,66
Ferrit (Fe α)	2,86		
Lapcentrált köbös		Tetragonális	
Alumínium	4,05	Ón	c 3,18 a 5,83
Ezüst	4,09		
Arany	4,68		
Réz	3,62		
Nikkel	3,52		
Platina	3,92		
Ólom	4,95		
Perlit (Fe γ)	3,63		

2. táblázat. A különböző grafitformát tartalmazó öntvények szilárdsági jellemzői

Grafit forma	Keménység HB	Húzószilárdság N/mm ²	Nyúlás %
0 Gömbgrafit	180-600	420-750	4-20
(Vermikuláris	180-300	300-400	1-2
- Lemezes	180-220	120-250	-

3. táblázat. A vizsgált gömbgrafitos öntvények szilárdsági jellemzői

Anyag-minőség	Húzó-szilárdság N/mm ²	Folyáshatár N/mm ²	Nyúlás %	Keménység HB
GGG 400	475-553	332-386	9-20	170-180
GGG 500	520-584	370-403	5-12	180-207
GGG 600	610-685	415-455	1-5	220-260

4. táblázat. A kopásvizsgálat változóinak alapszintje és terjedelme

Változó	Cr, %	t, min	P, MPa
Alapszint	19,7	7,5	1,35
Terjedelem	10,6	5,0	1,04

5. táblázat. Az ötvözetek alapszövetének jellemzői és mechanikai szilárdsága

Módosító-anyag	Mátrix	Karbidok	Karbidmennyiség		Keménység HB	Útómunka J/cm ²
			%	Szem-cseszám		
	mérete, μ m					
1. FeB + CaF ₂	30-90	50-100	23	10670	63	12-13
2. FeB	30-90	40-90	22	6403	62	10-12
3. CaFe ₂	40-120	30-70	22	5733	63	10-12
4. FeSi	30-100	20-50	21	3468	61	4-5
5. FeSiMg	20-100	30-70	23	5013	62	5-6

Irodalom

- Erdey-Grúz Tibor: *A fizikai kémia lapjai*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1958., 196 old.
- Szalay Béla: *Fizika*. Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982., 312 old
- Goras, Georgeta: *Metalurgie fizică elementară*. Editura Tehnică, București, 1974., 33 old.
- Pálfalvi, A., Mehedințianu, M., Andrei, E., Nicolae, V., Brestin, A., Sontea, S., Floriganta, Gh: *Tehnologia materialelor*. Editura Didactică și Pedagogică, București, 1985.
- Pohl, D., Die Bedeutung der Graphitform für die mechanischen Eigenschaften des Gusseisens mit Kugelgraphit. Giesserei, 64. k. 1977. 24. sz. p. 623-633
- Vazquez, I.I.B.: Determination des caractéristique mecaniques de la fonte par application des ultrasons. 46. nemz. öntökongr. Madrid, 1979. 14. előadás
- Pohl, D., Otto a.: Qualitätssicherung mittels Ultraschall bei der Herstellung von Gusseisens mit Kugelgraphit, Giesserei, 66. k. 1979. 19. sz. p. 712-716
- Powel, W.L.: *Ultrasonic Inspection of Compacting Graphite Castings*. AFS Casting Congress, Birmingham (USA), 1979.
- Parks, J.L.: *Giesserei-Praxis*. 1979. p. 81-91
- Bereza, J.M.: *Brit. Foundryman*. 74. k. 1981. 10. sz.
- Szőcs, Ecaterina: *Contribuții la modificarea fontei albe*. Conferința de turnătorie, Cluj, 1985.
- Szőcs Katalin: *A gömbgrafitos öntvények vizsgálata ultrahanggal*. Kohászat, 130. 1997. nr. 4, 125-129
- Grigorovici, V.K.: *Russ. Cast. Prod.* 1971. nr. 4. 203-206
- Szőcs Katalin: *Vastisztítás indukciós tégelykemencében*. I, II, Múzeumi Füzetek, 1994. nr. 3. 61-68