

MŰSZAKI SZEMLE

32. szám, 2005.

Szerkesztőbizottság elnöke / President of Editing Committee

Dr. Köllő Gábor

Szerkesztőbizottság tagjai / Editing Committee

Dr. Balázs L. György – HU,
Dr. Biró Károly Ágoston – RO,
Dr. Csibi Vencel-József – RO,
Dr. Fedák László – UA,
Dr. Kása Zoltán – RO,
Dr. Kászyi Gábor – HU,
Dr. Majdik Kornélia – RO,
Dr. Maros Dezső – RO,
Dr. Nagy László – RO,
Dr. Péics Hajnalka – YU,
Dr. Pungor Ernő – HU,
Dr. Puskás Ferenc – RO,
Dr. Ribár Béla – YU,
Dr. Szalay György – SK,
Dr. Turchany Guy – CH

Kiadja / Editor

Erdélyi Magyar Műszaki
Tudományos Társaság – EMT
Societatea Maghiară Tehnico-Științifică
din Transilvania
Ungarische Technisch-Wissenschaftliche
Gesellschaft in Siebenbürgen
Hungarian Technical Scientific Society
of Transylvania

Felelős kiadó / Managing Editor

Dr. Köllő Gábor

A szerkesztőség címe / Address

Romania
400604 Cluj, Kolozsvár
B-dul 21. Decembrie 1989., nr. 116.
Tel/fax: 40-264-590825, 594042
Levélcím: RO – 400750 Cluj, C.P. 1-140.

Nyomda / Printing

Incitato Kft.

ISSN 1454-0746

CNCSIS által elismert folyóirat
Revistă acreditată de CNCSIS

www.emt.ro

emt@emt.ro

Tartalomjegyzék – Cuprins – Content

Dr. Antal Tibor Sándor, Dr. Csibi Vencel	3
Mechanizmus generálása SolidEdge-ben Generarea mecanismelor în SolidEdge din Visual Basic Mechanism Generation in SolidEdge Using Visual Basic	
Dr. Barabás István, Dr. Csibi Vencel József, Todoruț Adrian	9
A közösségi közlekedés károsanyag-kibocsátásának és energia-fogyasztásának becslése Aprecierea emisiilor poluante și a consumului de combustibil din cadrul transportul în comun Estimation of Atmospheric Emissions and Energy Consumption from Urban Transport	
Groma István, Dr. Bercsey Tibor	18
Termékstruktúrán alapuló fejlesztési folyamatmodellezés és -optimalás Modelarea și optimizarea proceselor bazată pe structura produselor Product Structure Based Process Modelling and Optimisation	
Dr. Horváth Ferenc, Dr. Kubinszky Mihály	24
A Magyar Királyi Államvasutak építkezései Erdély területén Construcțiile de căi ferate în Transilvania Railway Construction in Transilvania	
Dr. Mihalik András, Suba István, Nagy Nándor	29
Kőolajtermékekkel szennyezett kohéziós talajok agresszivitása vasbeton szerkezetek, betonból kivitelezett alapjaira Agresivitatea solului poluat cu derivate petroliere asupra fundațiilor din beton armat Agressiveness of Cohesive Soil Infested with Hydrocarbons on Simple Concrete Foundations	
Dr. Moga Petru, Dr. Köllő Gábor, Guțiu Ștefan	37
Gerinclemezes tartók igénybevétele koncentrált erőkre az Eurocode 3 szerint Rezistența grinzilor cu inimă plină la acțiunea forțelor concentrate în conformitate cu normativul Eurocode 3 Steel Plate Girders Resistance to Transverse Concentrated Forces According to Eurocode 3	
Dr. Köllő Gábor	41
A galambfalvi közúti híd újjáépítése Reconstrucția podului din Porumbeni Reconstruction of Porumbeni Road Bridge	
Szabó József, Dr. Kazinczy László	45
Aljavitási lehetőségek ismertetése, különös tekintettel a hézagnélküli pályák stabilitásának fenntartására Metode de reparare a traverselor de cale ferată având în vedere menținerea stabilității căii sudate Introduction of Technologies of Repairing Railway Sleepers in Special Respect for the Maintenance of the Stability of Continuously Welded Rail Tracks	
Dr. Szócs Katalin, Dr. Szócs István	50
A golyósmalmok görgőinek üzemelési jelenségei Urmărirea comportării în exploatare a bilelor în mori cu bile Working Phenomenon of the Crushing Balls in the Mills	

A kiadvány megjelenését támogatja

Illyés Közalapítvány – Budapest



Oktatási és Kutatási Minisztérium – Bukarest



Communitas Alapítvány – Kolozsvár

COMMUNITAS
ALAPÍTVÁNY

Mechanizmus generálása SolidEdge-ben Visual Basic-ból

Mechanism generation in SolidEdge using Visual Basic

Dr. Antal Tibor Sándor¹, Dr. Csibi Vencel²

¹docens, ²professzor
Kolozsvári Műszaki Egyetem

Abstract

A simple method is presented for the generation of a mechanism in Solid Edge using the Visual Basic programming language. The programming technology used to connect Solid Edge and Visual Basic is describe, then the steps necessary to generate the mechanism elements as solid parts are described and implemented in procedural way.

Összefoglalás

Egyik lehetőség a mechanizmusok tanulmányozására a Solid Edge. A következőkben egy testmodellezett mechanizmus generálását mutatjuk be Solid Edge-ben a Visual Basic programozási nyelv segítségével. A szoftver termék összekötő technológiáját és a mechanizmust generáló kódot egy procedurális implementált formában adjuk meg.

1. Solid Edge

A Solid Edge a Unigraphics Solutions középkategóriájú Windows alapú (Windows NT/2000, Windows 98, és ME operációs rendszer alatt fut) CAD csomag. A tervezési környezet öt egymásba integrálódó környezetből áll:

- a Part - parametrikus, alaksajátosság alapú testmodellezés;
- az Assembly - szerelési összeállítások tervezése;
- a Draft - műszaki rajzok készítése;
- a Sheet Metal - lemezalkatrészek tervezése és kiterítése;
- a Weldment – alkatrészek hegesztése.

Ezekon kívül a Solid Edge biztosít több kiegészítő szolgáltatást is: a valóság-hű megjelenítést, integrált CAD fordítót, beépített dokumentáció-kezelést, általános mérnöki eszközt és többszintű fejlesztési lehetőséget.

2. Solid Edge programozása Visual Basic-ból

Az öt környezet (Part, Sheet Metal, Weldment, Assembly és Draft) kezelése programozási interface-en keresztül történik. A Part, Sheet Metal és a Weldment interface közös, az Assembly és a Draft interfacei különálló.

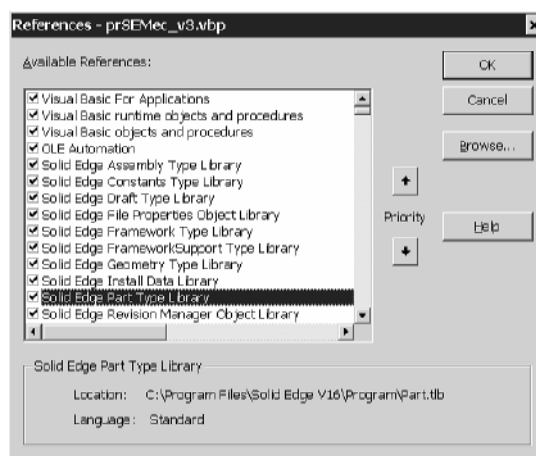
Az Automation egy olyan komplex technológia neve, amelyik biztosítja két külön szoftver-komponens közötti kommunikációt. Az Automation kommunikáció egy kliens és egy szerver között folyik le. A Visual Basic nyelv tartalmaz egy programozási interfacet amelyik az Automation használatát, nagyon leegyszerűsíti. Ezen az interfacen keresztül az objektumokat, egy másik szoftver-ből, (a mi esetünkben a Solid Edge-ből) úgy kezelik mint egy belső Visual Basic objektumot. A Visual Basic a kliens (szolgáltatásokat igényel) és a Solid Edge az Automation szerver (szolgáltatásokat ad). Nem minden szoftver lehet Automation szerver. Műszaki értelemben, az Automation szerver egy olyan szoftver, amelyik tudja kezelni az IDispatch programozási interface-t. A telepítési folyamat közben ezt a jelzést minden szoftver beírja a Windows registry-be. Lehetséges, hogy egy szoftver több objektum típust akar biztosítani a kliensek javára programozási célra. Ezért nem csak a szoftver nevét kell tudni, hanem az objektum típusát is. Ezt a két információt egy névben szokták cso-

portositani a következő formában: SzoftverNév.ObjektumTípus (például, SolidEdgePart.Model). A Solid Edge v16 programozása könyvtár típusokon (type libraries) keresztül történik. Ezek adatbázisok az Automation szerver szoftver programozható objektum típusokkal. A Visual Basic a könyvtárban lévő információ alapján elvégezheti a következőket anélkül, hogy lekérdezze a szerver szoftvert:

- az editor és az interpretor le tudja ellenőrizni az Automation kód szintaxisát;
- kontextuális segítséget lehet kapni a szerver kulcsszavakról.

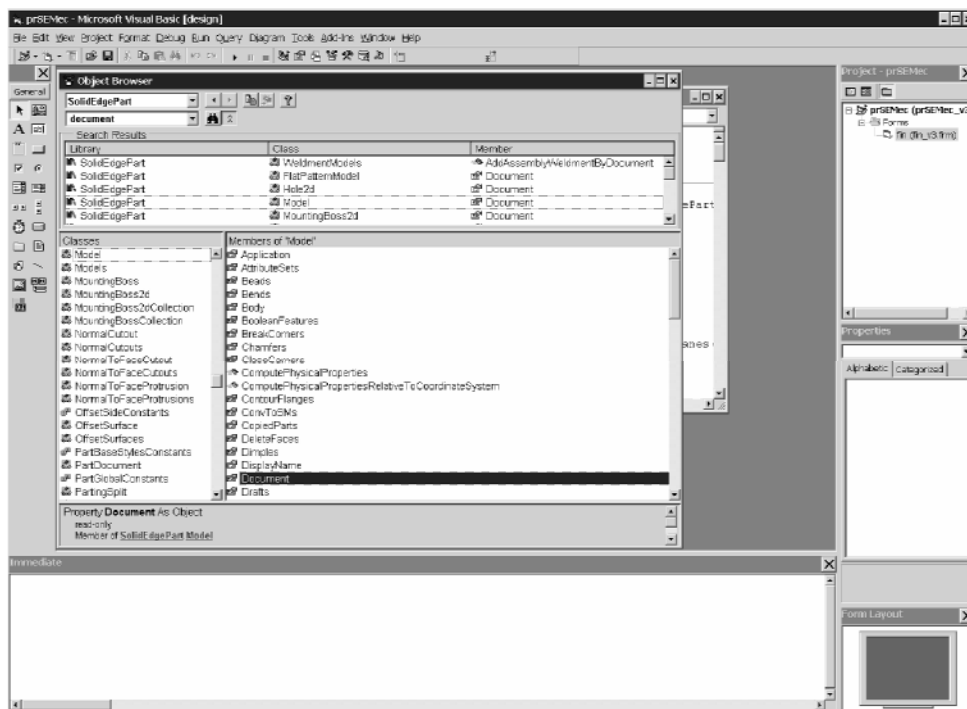
Az objektumtípus tárolása külön állományokban lehetséges, vagy mint része a szerver softwar-nek EXE vagy DLL állomány formában. Ma az implementációk zömét külön állományban adják meg TLB (type library) vagy OLB (object library) állomány extenzióval. Ezeknek a használatához Visual Basic-ből, a References dialóg ablakból, a kívánt könyvtárakat be kell kötni.

A bekötés után az objektum navigátort (Object Browser) arra lehet használni, hogy az objektum metódusait és a tulajdonságait lássuk. Ezt az F2 billentyű lenyomásával indítjuk. Nyitáskor a navigátor megmutatja az összes objektumot amelyek Automation technológián keresztül bizonyos szoftver-k programozását biztosítják. Lehetséges egy bizonyos objektum kiválasztása, ekkor a metódusok és tulajdonságok listája csökken és könnyebben kezelhető. A 2. ábrán a kiválasztott objektum neve SolidEdgePart. Ha egy bizonyos tulajdonságnak vagy metódusnak a neve nem ismert pontosan, akkor ez megkereshető a szelektált könyvtár típuson belül, beírva egy sor szöveget. A 2. ábrában a szöveget keressük meg. A keresés indítása a Find (a távcső) gombbal történik.



1. ábra

A References dialóg ablak, amely a bekötött és a szabad típus könyvtárakat mutatja



2. ábra

Az Object Browser (objektum navigátor) mutatja a SolidEdgePart objektum részleteit

2.1. A Solid Edge objektum kreálása

Egy Automation szesszió a kliens oldalán, mindig a szerver objektum kreálásával kezdődik. Ekkor jön létre az összeköttetés a kliens és a szerver között a létrehozott objektumokon keresztül. A folyamat eredménye egy referencia a szerver objektumhoz egy változóban tárolva. Ezen a változón keresztül a szerver softwarét lehet programozni metódusok és tulajdonságok használatával. A következő kód egy Solid Edge szerver objektumot próbál létrehozni. Ha a SolidEdge CAD csomag fut, akkor a **GetObject()** függvényen keresztül indul a folyamat, ellenkező esetben a **CreateObject()** függvény indítja el a szerver létrehozását.

```
Dim obApp As Object
Dim objDoc As SolidEdgePart.PartDocument
Dim obModel As SolidEdgePart.Model

Set obApp = GetObject(, "SolidEdge.Application")
If Err Then
    Err.Clear
    Set obApp = CreateObject("SolidEdge.Application")
    Set objDoc = obApp.Documents.Add("SolidEdge.PartDocument")
Else
    Set objDoc = obApp.Documents.Add("SolidEdge.PartDocument")
End If

obApp.Visible = True
```

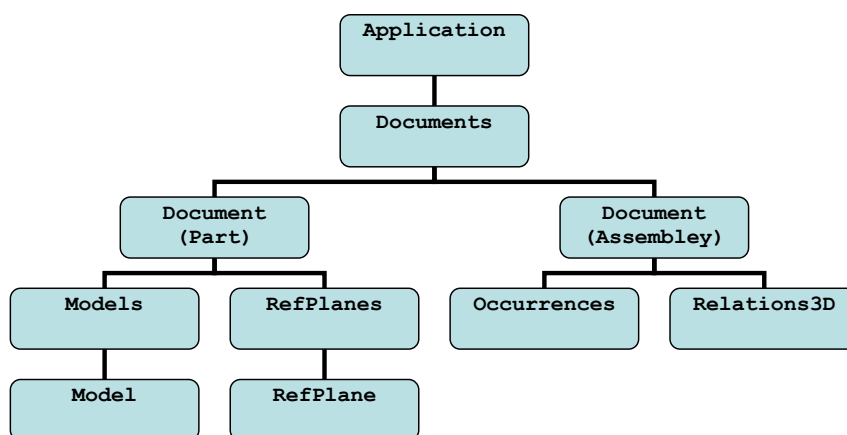
A Solid Edge szerver leállítása a változó objektumon keresztül történik, ha ennek az értéke **Nothing** lesz. Ezt Visual Basicben, a következőképpen írjuk:

```
Set obApp = Nothing

vagy a Quit metódussal (obApp.Quit).
```

2.2. A Solid Edge objektum modell

A Solid Edge programozása ugyanúgy folyik le, mint egy akármilyen másik belső vagy felhasználó definiált Visual Basic objektuma. Az egyetlen különbség maga az objektumokban áll. Az objektumok és az ezek között létező összeköttetések az objektum modellt alkotják. Az objektum modell leírása nem a legjobb a Solid Edge esetében. Ez akkor szokott kitűnő lenni, ha a szoftver tartalmaz egy fejlesztési nyelvezetet, legtöbbször ez a VBA. A Solid Edge v16 sajnos nem integrálja a VBA fejlesztési környezetet, ezért a programozása nehézkes és lassú. Egy kisebb rész a Solid Edge objektum modelljéből:



Az **Application** a kiinduló pont a fa struktúrában. A szerver indítása nem kreál egy új dokumentumot. Egy új alkatrészt (Part, angolul) az **Add** módszerrel, a következő kóddal nyitunk meg:

```
Set objDoc = obApp.Documents.Add("SolidEdge.PartDocument")
```

A többes számú nevek az objektum modellből kollekciónak (például **Documents** vagy **Models**). A kollekciónak az „egy a többszörös” összeköttetést modellez. Ez azt jelenti, hogy „több” egyforma objektumot tárolunk egy másik objektumban (ez az apa objektum). A **Documents** egy kollekciónak, amely tartalmazza az összes nyitott dokumentumot (**Document** az objektum modellben) a Solid Edgeből. Ezek lehetnek alkatrészek (Part), szerelési összeállítások (Assembly) és mások.

3. A mechanizmus készítése

A következőkben egy új alkatrészt fogunk modellezni. Az interaktív modellezést mindig egy bázis alakcsajátosság (base feature) készítésével kezdjük. Ezt alprogrammal fogjuk implementálni a továbbiakban.

3.1 A kar generálási kód implementálása

A modellezés mindig egy síkban folyik le. Az első lépés a sík létrehozása a **RefPlanes** kollekciónak objektummal. A kollekciónak objektumnak több módszere van egy sík kreálása esetében, ezek közül az **AddParallelByDistance ()**-t használjuk. Ez egy párhuzamos síkot hoz létre egy másik síkhoz képest (a következőkben ez az x-z sík lesz, amit a **objDoc.RefPlanes (3)** tulajdonságban kapunk meg).

Ezután a 2D vázlat rajzolása következik, amely négy vonalból áll. A rajzolást egy új **Profile** objektumon keresztül vezetjük le. Ezt az **Add** metódussal a **ProfileSets** kollekciónak hozzáadjuk. A négy vonalat a **Lines2d** kollekciónak hozzáadjuk az **AddBy2Points ()** metódussal.

Folytatjuk a kapcsolási kényszerekkel, vagyis a **Relations2d** kollekciónak, hogy a vonalak végpontjai csatlakozzanak.

Az elkészített profil zárását az **End** metódussal lehet ellenőrizni. Ha nem zárt, akkor nem egy vázlat és nem lehet továbbhaladni.

Az utolsó rész a vázlat extrudálása az **AddFiniteExtrudedProtrusion** metódussal.

```
Public Sub create_bar(ByRef obModel As SolidEdgePart.Model, ByRef objDoc As SolidEdgePart.PartDocument, c1x As Double, c1y As Double, c2x As Double, c2y As Double, r As Double, sens As Integer, d As Double)
    Dim obProfile(1 To 2) As SolidEdgePart.Profile
    Dim obLines As SolidEdgeFrameworkSupport.Lines2d

    Dim ax As Double, ay As Double
    Dim bx As Double, by As Double
    Dim cx As Double, cy As Double
    Dim dx As Double, dy As Double, fi As Double

    Set objRefPln = objDoc.RefPlanes.AddParallelByDistance(ParentPlane:=objDoc.RefPlanes(3), Distance:=d, NormalSide:=sens)
    Set obProfile(1) = objDoc.ProfileSets.Add.Profiles.Add(pRefPlaneDisp:=objRefPln)
    Set objLines = obProfile(1).Lines2d

    Call setCoord(c1x, c1y, c2x, c2y, r, ax, ay, bx, by, cx, cy, dx, dy, fi)

    Call objLines.AddBy2Points(X1:=ax, Y1:=ay, X2:=bx, Y2:=by)
    Call objLines.AddBy2Points(X1:=bx, Y1:=by, X2:=cx, Y2:=cy)
    Call objLines.AddBy2Points(X1:=cx, Y1:=cy, X2:=dx, Y2:=dy)
    Call objLines.AddBy2Points(X1:=dx, Y1:=dy, X2:=ax, Y2:=ay)

    Set objRelns = obProfile(1).Relations2d
    Call objRelns.AddKeypoint(Object1:=objLines(1), Index1:=igLineEnd, Object2:=objLines(2), Index2:=igLineStart)
    Call objRelns.AddKeypoint(Object1:=objLines(2), Index1:=igLineEnd, Object2:=objLines(3), Index2:=igLineStart)
    Call objRelns.AddKeypoint(Object1:=objLines(3), Index1:=igLineEnd, Object2:=objLines(4), Index2:=igLineStart)
    Call objRelns.AddKeypoint(Object1:=objLines(4), Index1:=igLineEnd, Object2:=objLines(1), Index2:=igLineStart)
```

```

intStatus = obProfile(1).End(ValidationCriteria:=igProfileClosed)
If intStatus <> 0 Then
    MsgBox ("A vazlat nyitott - Profile is not closed")
End If

obProfile(1).Visible = True

Set obModel = objDoc.Models.AddFiniteExtrudedProtrusion( _
    NumberOfProfiles:=1, _
    ProfileArray:=obProfile, _
    ProfilePlaneSide:=sens, _
    ExtrusionDistance:=0.005)

If obModel.ExtrudedProtrusions(1).Status <> igFeatureOK Then
    MsgBox ("Hiba, bazis alaksajatosság - Error in the Creation of Base
Protrusion Feature object")
End If

End Sub

```

A 3 ábrán egy mechanizmust (négytagú) láthatunk, ahol a tagok generálása a **create_el()** kóddal lehetséges. A lyukasztás a **create_hole()** történik.

```

Public Sub create_el(ByRef obModel As SolidEdgePart.Model, ByRef objDoc As
SolidEdgePart.PartDocument, ByVal clx As Double, ByVal cly As Double, ByVal
c2x As Double, ByVal c2y As Double, ByVal r As Double)
    Call create_bar(obModel, objDoc, clx, cly, c2x, c2y, r, igRight, 0#)
    Call create_hole(obModel, objDoc, clx, cly, r, igRight, 0#)
    Call create_hole(obModel, objDoc, c2x, c2y, r, igRight, 0#)
End Sub

Public Sub create_hole(ByRef obModel As SolidEdgePart.Model, ByRef objDoc As
SolidEdgePart.PartDocument, cx As Double, cy As Double, r As Double, sens As
Integer, d As Double)
    'A Holes2d Profile krealasa a Hole objektumnak

    Set objRefPln = objDoc.RefPlanes.AddParallelByDistance(ParentPlane:=
objDoc.RefPlanes(3), Distance:=d, NormalSide:=sens)

    Set objHoleProf = objDoc.ProfileSets.Add.Profiles.Add (pRefPlaneDisp:=
objRefPln)
    Call objHoleProf.Holes2d.Add(xCenter:=cx, yCenter:=cy)

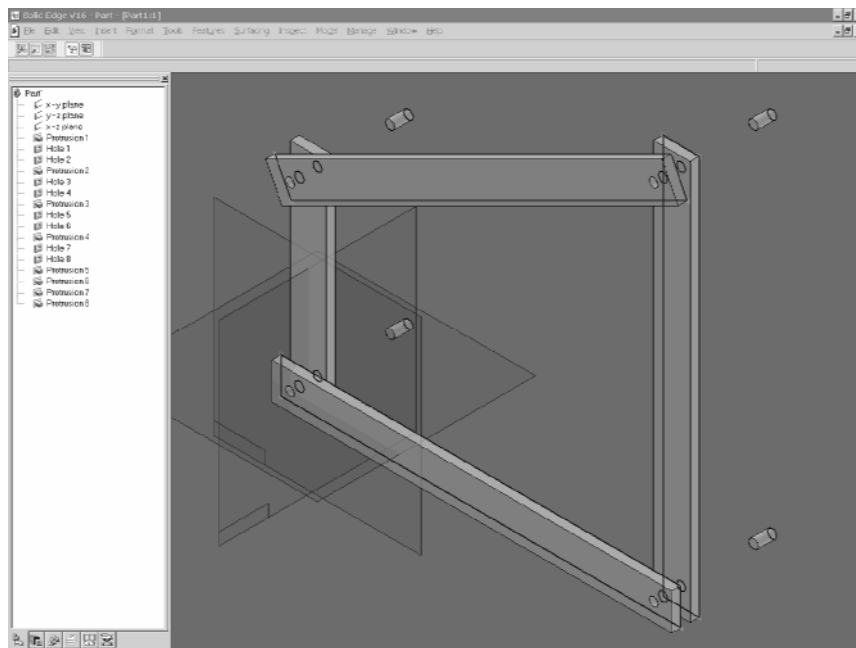
    lngStatus = objHoleProf.End(ValidationCriteria:=igProfileClosed)
    If lngStatus <> 0 Then
        MsgBox ("A vazlta nyitott - Profile is not closed")
    End If

    Set objHolData = objDoc.HoleDataCollection.Add(HoleType:=igRegularHole,
HoleDiameter:=r)

    ' A Hole objektum krealasa
    Set objHol = obModel.Holes.AddFinite(Profile:=objHoleProf,
ProfilePlaneSide:= igRight, FiniteDepth:=0.01, Data:=objHolData)
    objHoleProf.Visible = True
    If objHol.Status <> igFeatureOK Then
        MsgBox ("Az AddFinite metodus hibát jelzet!")
    End If

End Sub

```



3. ábra
Egy négytagú mechanizmus Visual Basic kódból generálva a Solid Edge-ben

Irodalom

- [1] Antal, T. A., Visual BASIC pentru ingineri, Editura RISOPRINT, Cluj-Napoca, 2003, p. 244, ISBN: 973-656-514-9.
- [2] Getz, K., Gilbert, M., VBA developer's handbook, SYBEX, 2000, p. 1073, ISBN: 0-7821-2978-1.
- [3] Maros, D., Calcule numerice la mecanisme plane, Ed. DACIA, Cluj-Napoca, 1987.

A közösségi közlekedés károsanyag-kibocsátásának és energia-fogyasztásának becslése

Estimation of Atmospheric Emissions and Energy Consumption from Urban Transport

Dr. Barabás István, Dr. Csibi Vencel József, Todoruț Adrian

Kolozsvári Műszaki Egyetem

Abstract

Transport movements have increased continuously for many years. However, the growth has not been uniform across different transport modes and sectors, and has varied from country to country.

This paper describes the methodology and relevant emissions factors for the calculations of emission estimated from urban bus, referred the methodology COST 319, MEET (methodology for calculating transport emissions and energy consumption), using COPERT III, version 2.5 szoftver. The related example is refer to for Cluj Urban Transport, is using initial date from RATUC's public dates referred for the 2004 year.

1. Bevezető

A szállítási ágazat szennyezőanyag-kibocsátása és a közúti közlekedésből származó energiafogyasztás csökkentése, az ezzel kapcsolatos környezeti hatások (főleg a város területén létrejött légszennyezés, az emberi szervezetre, a környezetre gyakorolt hatások és az üvegházhatású gázok termelésének) csökkentése a fenntartható közlekedési fejlődés egyik feltétele. Ehhez azonban elengedhetetlen a jelenlegi körülmények felmérése, becslése.

Az energiafelhasználás és az emissziók számítására különféle módszerek használhatók. Ezek a szennyezőanyagoktól, a közlekedés módjától, a jármű típusától függenek és elkerülhetetlenek a változó mennyiségű és minőségű adatok miatt. A módszereket négy csoportba oszthatjuk:

A közlekedési tevékenységen alapuló számítás – ez az alaplómódszer a közúti járművek gyakoribb emisszióinak és a nem-közúti közlekedéshez szükséges energiafelhasználás számítására. Tartalmazza a forró emissziókat, az utazás kezdeti emisszióit (amikor a motor még nem melegedett fel teljesen) és a párolgási emissziókat.

Az energiafelhasználáson alapuló számítás – ez a szabványos módszer a nem-közúti közlekedés emisszióinak, a közúti kén-dioxid és ólomkibocsátásnak számítására. Az emissziók típusa (magas hőmérsékletű, kezdeti, párolgási) a felhasznált energia becslésében foglaltaktól függ.

Szén-egyensúly számításai – az üzemanyag-fogyasztás és a szén-dioxid emissziók számítása az üzemanyagban és égéstermékében lévő szén-mérleget leíró egyenleten alapulnak. A belsőégésű motorral szerelt közúti járműveknél ezt a módszert az üzemanyagfogyasztás, más esetekben szén-dioxid számítására alkalmazzák. Számításba veszi a magas hőmérsékletű, kezdeti és a párolgási emissziókat. Ezen kívül a közúti közlekedésnél az üzemanyagfogyasztásból származó szén-dioxid kibocsátás számítására is alkalmazható.

Szennyezőanyag-specifikus számítások – néhány szennyezőanyag a többi alkategóriáiként adódik (pl. az illékony szerves anyag fajták az összes illékony szerves anyagnak részei; az elemi nagyságú részecske frakciók az összes aprószemcsés anyagnak részei). Becsléseket a fő szennyezők vizsgálatából készíthetünk, részleteket a módosulatok és a méret-eloszlás vizsgálata után tudhatunk meg. A számítások magas hőmérsékletű, kezdeti és párolgási emissziókat is tartalmaznak.

A károsanyagok (szennyezőanyagok) egy általános listája a következőket tartalmazza [2]:

- szén-dioxid – CO₂ (törvényileg még nem szennyezőként, hanem az üvegházhatásban való közreműködése miatt jelenik meg);
- szén-monoxid – CO;
- illékony szerves anyagok (a szénhidrogénnel is azonosítják) – VOC (HC);
- különböző nitrogén-oxidok – NO_x;
- aprószemcsés anyagok – PM;
- kén-dioxid – SO₂;
- ólomtartalmú vegyületek – Pb;

- nitrogén-dioxid – NO₂;
- ammónia – NH₃;
- dinitrogén-oxid – N₂O;
- más nehézfémek – HM (kadmium – Cd, cink – Zn, réz – Cu, króm – Cr, nikkel – Ni, Szelén – Se);
- kén-hidrogén – H₂S.

A VOC-csoport különböző, nagy számú szerves anyagot tartalmaz. A környezetre és az emberi szervezetre gyakorolt hatásaival még további két alcsoportra oszthatjuk:

- metán - CH₄
- szénhidrogének - nem metán származékok (NMVOC).

2. A közösségi közlekedésből származó szennyezőanyag-kibocsátás becslése

2.1. Alapelvek

A közlekedéssel kapcsolatos emissziók becslése a következő általános egyenleten alapszik:

$$E = e \cdot a \quad (1)$$

ahol E az emisszió mennyiségét, e az emisszió arányát közlekedési módokra lebontva, és a a közlekedési tevékenység intenzitását jelenti.

A fenti egyenlet minden szintre érvényes: egy egyszerű motorra vagy egy egész flottára, egy útszakaszra, egy városra vagy egy egész térségre.

A fő emissziós források a kipufogógázok és az elpárolgó üzemanyagból származó szénhidrogének. Ha a motort a normál üzemi hőfok alatti hőmérsékleten indítjuk be, akkor az üzemanyag nem ég el teljesen és az így keletkezett szennyezőanyag mennyisége nagyobb, mint a magasabb normál üzemi hőmérsékleten működő motornál. Ezek a megfigyelések vezettek a számítási módszerekben használt első alapösszefüggéshez:

$$E = E_f + E_h + E_p \quad (2)$$

ahol E teljes emisszió mennyisége, E_f a felmelegedett motorból származó forró emisszió, E_h a hideg motorból származó emisszió (elinduláskor keletkező többlet kibocsátások) és E_p a párolgásból származó emisszió (csak illékony szerves anyagoknál).

A fenti összefüggés egyes tagjainak a teljes emisszióhoz való hozzájárulása egy emissziós tényezőtől és a jármű működéséhez kapcsolódó egy, vagy több paramétertől függ, ami a következő általános képlettel írható le:

$$E_k = e_k \cdot a \quad (3)$$

ahol E_k a teljes emisszióhoz hozzájáruló egyik tag, e_x a működéssel kapcsolatos emissziós tényező, a pedig az emisszió típusához tartozó forgalmi teljesítmény.

Az e_x és a paraméterek további változók függvényei.

Forró emisszió esetén a jármű működésével összefüggő e_f emissziós tényező elsődlegesen a jármű átlagsebességének függvénye. Az egyéb befolyásoló körülmények (az út hosszesése, a jármű terheltsége, stb.) figyelembevétele módosító tényezőkkel (mely tényezők szintén további változók függvényeként alakulnak) történik. Az a forgalmi teljesítmény pedig a jármű egy meghatározott átlagsebességéhez, terheltségéhez és az adott hosszeséshez tartozó üzemelését jellemzi (járműkilométerben).

Az indításkor keletkező emissziót – mivel az csak az utazás kezdetén jelentkezik – nem a megtett távolsággal arányosan, hanem az egész utazásra vonatkozóan egy értékkel határozzuk meg. Az e_h emissziós tényező az átlagos sebesség, a motorhőfok, a megtett távolság, és az abból hideg motorral megtett távolság arányának függvénye szerint számítható. Az a forgalmi teljesítmény az utazások számát jelenti.

Párolgási kibocsátás többféle módon keletkezhet: minden tankolásnál távozik üzemanyag a tartályból, az éjszakaihoz képest magasabb nappali hőmérséklet miatt terjeszkedő üzemanyag egy része gőz formában távozik az üzemanyagtartályból, stb. A párolgási kibocsátás fajtájától függően sokféle különböző emissziós tényező (e_h) létezik. Általában ezek a tényezők a külső hőmérséklet és az üzemanyag illékonyságának függvényében változnak. Más tényezőkhöz hasonlóan itt is számos, a közlekedésre jellemző adatra is szükség van. Ilyenek például a teljes megtett távolság, valamint az utazások végén jellemző motorhőfok szerinti utak arányai.

A dízelmotorok esetében a párolgási kibocsátást csak ritkán veszik figyelembe, mivel a gázolaj alacsony illékonyságú.

A felvázolt alapelvek néhány kivételtől eltekintve minden szennyezőanyagra és járműtípusra érvényesek. Azonban a különböző kategóriákba tartozó járművek különbözőképpen viselkednek, s így az emisszió és az üzemi körülmények közötti összefüggések is másképp alakulnak az egyes szennyezőanyagokra nézve. Ennek okán a egyes forgalom által keltett károsanyag kibocsátás számításánál az egyes – forgalomban résztvevő – homogén járműosztályok kibocsátásainak összegét kell képezni. Ahol a vizsgált területet több, egymástól eltérő összetételű forgalmat bonyolító út is érint, azok hatását a területre vonatkozó számítás során szintén figyelembe kell venni. Természetesen mindezeket az összes szennyezőanyagra külön-külön kell kiszámolni.

2.2. A károsanyag-kibocsátás becslése

A forró emissziót a következő képlettel lehet meghatározni [2, 3]:

$$E_f = e_f \cdot m \quad (4)$$

ahol m forgalmi teljesítmény, km/év-ben kifejezve, e_f a korrigált forró emissziós tényező:

$$e_f = f(v) \cdot GC \cdot LC \cdot MC \cdot TC, \text{ [g/km]} \quad (5)$$

ahol $f(V)$ a gépjármű átlagsebességétől függő emissziós tényező, GC , LC , MC és TC a hosszseséstől, terheltségtől, futásteljesítménytől és hőmérséklettől függő korrekciós tényezők.

A forgalmi teljesítmény a következő összefüggéssel számítható ki:

$$m = n \cdot l, \text{ [km/év]} \quad (6)$$

ahol n az átlagflotta, l az egy gépjárműre eső éves forgalmi teljesítmény.

A fenti két egyenletet összekombinálva és a különböző járműkategóriákat figyelembe véve a forró emisszió becslésére adódó végső egyenlet:

$$E_k = \sum_{i=1}^M n_i \cdot l_i \cdot \left(\sum_{j=1}^N p_{ij} \cdot e_{ijk} \right), i = \overline{1, N}, j = \overline{1, M}, k = \overline{1, P}, \quad (7)$$

ahol: k a szennyezőanyag azonosítója, P a számításba besorolt szennyezőanyagok száma, i a járműkategória, M a járműkategóriák száma, j az út kategóriája, N az útkategóriák száma, n_i az i kategóriába tartozó járművek száma, l_i az i kategóriába tartozó járművek által megtett átlagos éves távolság, p_{ij} a j kategóriájú úton az i kategóriába tartozó jármű által megtett éves távolság százaléka, e_{ijk} a j kategóriájú úton az i kategóriába tartozó jármű átlagos sebességgel megtett utazásához tartozó k szennyezőanyag emissziós tényezője.

A különböző gépjárműtípusoknál alkalmazandó korrekciós tényezők jegyzéke alapján (1-es táblázat) a helyi autóbuszok esetén csak a hosszsesés tényezőjével kell korrigálni az átlagsebességtől függő emissziós tényezőt.

1. táblázat: a MEET módszer szerinti forró emisszió számítás paraméterei [3]

Járműtípus	Átlagsebesség $f(V)$	Hosszsesés GC	Teher LC	Futásteljesítmény MC	Hőmérséklet TC
Autó - hagyományos	✓	✓			
- katalizátoros	✓	✓		✓	✓
- dízel	✓	✓			
Ktgc - hagyományos	✓	✓			
- katalizátoros	✓	✓		(✓)	(✓)
- dízel	✓	✓			
Nehéz tgc	✓	✓	✓		
Helyi és távolsági busz	✓	✓			
Motorkerékpár	✓				

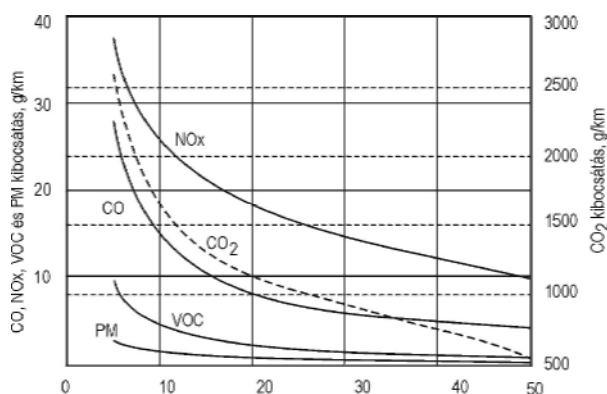
Az átlagsebességtől függő folytonos kibocsátás (1-es ábra) mértéke a következő függvénnyel állapítható meg:

$$f(V) = K + aV + bV^2 + cV^3 + \frac{d}{V} + \frac{e}{V^2} + \frac{f}{V^3}, \text{ [g/km]} \quad (8)$$

ahol K állandó, $a - f$ együtthatók, V a jármű közepes sebessége km/h-ban (2-es táblázat).

2. táblázat: A helyi buszok emissziós függvényének együtthatói [3]

	K	a	b	c	d	e	f
CO	1,64	0	0	0	132	0	0
CO ₂	679	0	0	-0,00268	9635	0	0
VOC	0,0778	0	0	0	41,2	0	184
NO _x	16,3	-0,173	0	0	111	0	0
PM	0,0694	0	0,000366	-8,71·10 ⁻⁶	13,9	0	0



1. ábra

A városi autóbuszok károsanyag-kibocsátásának mértéke a haladási sebesség függvényében

A hosszesés korrekciós tényezője a következő polinomiális függvénnyel számolható:

$$as_{ijk} = A_{6;ijk} \cdot V^6 + A_{5;ijk} \cdot V^5 + A_{4;ijk} \cdot V^4 + A_{3;ijk} \cdot V^3 + A_{2;ijk} \cdot V^2 + A_{1;ijk} \cdot V + A_{0;ijk} \quad (9)$$

ahol as_{ijk} a hosszesés korrekciós tényezője, V az átlagsebesség, $A_{0;ijk} \dots A_{6;ijk}$ állandók (3-as táblázat).

3. táblázat: A hosszesés korrekciós tényezőinek állandói [3, 4]

Károsanyag	Hosszesés, %	V _{min} km/h	V _{max} km/h	A ₀	A ₁	A ₂	A ₃	A ₄	A ₅	A ₆
CO	4... 6	11,4	31,2	4,91	-1,03	1,14·10 ⁻¹	-6,04·10 ⁻³	1,57·10 ⁻⁵	-1,59·10 ⁻⁷	0
	-6... -4	11,7	35,3	2,05	-3,61·10 ⁻¹	3,64·10 ⁻²	-1,71·10 ⁻³	3,08·10 ⁻⁵	-3,26·10 ⁻⁷	0
	0... 4	13,1	37,5	3,78	-5,57·10 ⁻¹	4,65·10 ⁻²	-1,92·10 ⁻³	3,94·10 ⁻⁵	-3,21·10 ⁻⁷	0
	-4... 0	13,2	39,5	-1,46	5,09·10 ⁻¹	-4,36·10 ⁻²	1,79·10 ⁻³	-3,56·10 ⁻⁵	2,75·10 ⁻⁷	0
CO ₂	4... 6	11,4	31,2	2,07	7,18·10 ⁻²	-1,32·10 ⁻²	7,87·10 ⁻⁴	-1,82·10 ⁻⁵	1,25·10 ⁻⁷	0
	-6... -4	11,7	35,3	2,76	-5,14·10 ⁻¹	4,83·10 ⁻²	-2,16·10 ⁻³	4,59·10 ⁻⁵	-3,77·10 ⁻⁷	0
	0... 4	13,1	37,5	1,05	8,22·10 ⁻²	-8,55·10 ⁻³	4,2·10 ⁻⁴	-9,61·10 ⁻⁶	8,21·10 ⁻⁸	0
	-4... 0	13,2	39,5	-1,06	1,0·10 ⁻¹	-3,45·10 ⁻²	1,41·10 ⁻³	-2,78·10 ⁻⁵	2,13·10 ⁻⁷	0
VOC	4... 6	11,4	31,2	6,19	-1,49	1,62·10 ⁻¹	8,50·10 ⁻³	2,15·10 ⁻⁴	-2,12·10 ⁻⁶	0
	-6... -4	11,7	35,3	1,72	-2,45·10 ⁻¹	2,70·10 ⁻²	-1,37·10 ⁻³	3,32·10 ⁻⁵	3,13·10 ⁻⁷	0
	0... 4	13,1	37,5	5,33·10 ⁻¹	1,11·10 ⁻¹	-8,78·10 ⁻³	3,08·10 ⁻⁴	-4,51·10 ⁻⁶	1,75·10 ⁻⁸	0
	-4... 0	13,2	39,5	-2,13	7,06·10 ⁻¹	-6,16·10 ⁻²	2,59·10 ⁻³	-5,26·10 ⁻⁵	4,15·10 ⁻⁷	0
NO _x	4... 6	11,4	31,2	-2,96·10 ⁻¹	6,63·10 ⁻¹	-7,42·10 ⁻²	3,83·10 ⁻³	9,09·10 ⁻⁵	7,96·10 ⁻⁷	0
	-6... -4	11,7	35,3	2,99	-5,18·10 ⁻¹	4,65·10 ⁻²	-2,00·10 ⁻³	4,10·10 ⁻⁵	-3,29·10 ⁻⁷	0
	0... 4	13,1	37,5	9,98·10 ⁻²	2,79·10 ⁻¹	-2,47·10 ⁻²	1,08·10 ⁻³	-2,28·10 ⁻⁵	1,85·10 ⁻⁷	0
	-4... 0	13,2	39,5	5,15·10 ⁻¹	6,73·10 ⁻²	6,43·10 ⁻³	2,75·10 ⁻⁴	-5,67·10 ⁻⁶	4,52·10 ⁻⁸	0
PM	4... 6	11,4	31,2	1,78	-2,18·10 ⁻¹	2,80·10 ⁻²	-1,83·10 ⁻³	5,92·10 ⁻⁵	-7,39·10 ⁻⁷	0
	-6... -4	11,7	35,3	3,83·10 ⁻¹	1,54·10 ⁻¹	-1,81·10 ⁻²	1,01·10 ⁻³	-2,61·10 ⁻⁵	2,54·10 ⁻⁷	0
	0... 4	13,1	37,5	-1,14·10 ⁻¹	2,60·10 ⁻¹	-2,26·10 ⁻²	9,46·10 ⁻⁴	-1,87·10 ⁻⁵	1,39·10 ⁻⁷	0
	-4... 0	13,2	39,5	-3,34·10 ⁻¹	2,86·10 ⁻¹	-2,60·10 ⁻²	1,14·10 ⁻³	-2,43·10 ⁻⁵	2,02·10 ⁻⁷	0

Az elinduláskor keletkező többlet kibocsátások a hideg motor rossz paraméterek közötti működéséből adódnak. Számításuk a következő összefüggéssel lehetséges [2, 3]:

$$E_h = \omega \cdot [f(V) + g(T) - 1] \cdot h(d), [g] \quad (10)$$

ahol: E_h a hideg motorból származó többletkibocsátás egy utazásra, g-ban kifejezve, V a hideg fázis alatti átlagsebesség km/h-ban, T a hőmérséklet °C-ban (hideg indításnál a környezeti hőmérséklet, egy közbelső hőmérsékleten történő indításnál a motor indítási hőfoka), d a megtett távolság, ω pedig a kibocsátás alapértéke (20°C-on és 20 km/h-nál).

Az elinduláskor keletkező többlet kibocsátás alapértékeit dízel motorok esetében a 4-es táblázat tartalmazza.

4. táblázat: Hidegindítási többlet kibocsátások alapértékei 20°C-on és 20 km/h-nál (ω)

Motor típus	Károsanyag				
	CO	CO ₂	HC	NO _x	MHA
Katalizátor nélküli dízel motor	2,18	182,57	0,82	0,06	62,98
Katalizátoros dízel motor	0,75	153,36	0,65	0,03	55,4

Az $f(V)$ a haladási sebességgel arányos korrekciós tényezőt egy lineáris egyenlettel lehet leírni:

$$f(V) = B_1 \cdot V + B_0, \quad (11)$$

ahol V a hidegindítást követő haladási átlagsebesség átlagértéke, B_0 és B_1 állandók.

Hidegindításnál a környezet hőmérséklet-hatását a

$$g(T) = C_1 \cdot T + C_0 \quad (12)$$

lineáris összefüggés veszi számításba, ahol T a hőmérséklet, °C-ban, C_1 és C_0 pedig állandók.

A (10)-es összefüggésben a hideg motorral megtett utat jellemző $h(d)$ tag értéke a

$$h(d) = \frac{1 - e^{-a\delta}}{1 - e^{-a}} \quad (13)$$

képlettel számítható ki, ahol a állandó, δ a hideg motorral megtett távolság részaránya:

$$\delta = \frac{d}{d_c}, \quad (14)$$

ahol d az utazás hossza, d_c pedig a hideg motorral megtett távolság, ami az átlagsebesség függvényében a következőképpen számolható:

$$d_c = D_1 \cdot V + D_0. \quad (15)$$

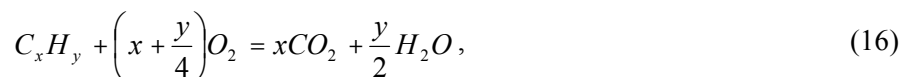
A fenti egyenletekben használt állandók értékeit az 5-ös táblázatban adtuk meg.

5. táblázat: Az elinduláskor keletkező többlet kibocsátás számításánál használt állandók értékei [1, 2]

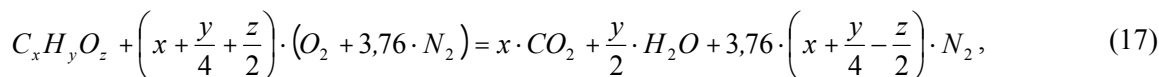
	B ₀	B ₁	C ₀	C ₁	D ₀	D ₁	a
CO	1,3704	-0,0185	1,9163	-0,0458	0,08	4,83	3,43
CO ₂	1	0	1,9163	-0,0458	0,09	0,24	0,95
HC	1,3252	-0,0163	2,9512	-0,0976	0,08	4,83	2,48
NO _x	1,4545	-0,0227	2,7857	-0,0893	-0,07	7,5	0,89
FC	1	0	1,8787	-0,0439	0,13	3,42	11,46

2.3. A tüzelőanyag-fogyasztás becslése

A szénhidrogén alapú motorhajtó anyagok (benzin, gázolaj, gáz) ideális körülmények közötti, levegőben való elégése az alábbi egyszerű kémiai reakcióval írható le:



ahol: C_xH_y , a tüzelőanyag (x szénatomból és y hidrogénatomból álló összetétel), O_2 a levegő oxigénje, CO_2 a keletkezett szén-dioxid és H_2O a keletkezett víz. Az oxigén tartalmú tüzelőanyagok esetében a fenti egyenlet a következőképpen alakul:



ahol O_z a tüzelőanyag z számú oxigénatomja és N_2 a levegő nitrogénje.

Mivel a reagensek és a végtermékek tömege egyaránt a molekuláris súlyuk szerint alakul, adott mennyiségű üzemanyagból a keletkező szén-dioxid és víz mennyisége meghatározható. A számítás visszafelé is alkalmazható. Például a (16)-os egyenlet alapján az üzemanyagban levő szén tömege:

$$[C] = [C_xH_y] \cdot \frac{12}{12 \cdot x + 1 \cdot y}, \quad (18)$$

ahol a $[C]$ a szén tömege és a $[C_xH_y]$ az üzemanyag tömege, 12 és 1 pedig a szén és a hidrogén közelítő atom-súlyai.

A kapott mennyiségű szén az oxigénnel a következő módon keveredik:

$$[C] + \left(\frac{32}{12} \cdot [C]\right)O_2 = [CO_2], \quad (19)$$

ahol $[CO_2]$ a keletkező szén-dioxid tömege, 32 pedig az oxigén közelítő molekuláris súlya.

A gyakorlatban az üzemanyag égése nem az ideális állapotra (tökéletes égésre) felállított egyenlet szerint megy végbe. A szén egy része nem oxidálódik teljesen, melynek következtében CO , vagy apró szemcsék (PM) formájában a levegőbe kerül. Bizonyos mennyiségű üzemanyag elkerüli az égést, és illékony szerves anyag formájában kerül a levegőbe. Az NO_x anyagok pedig a nitrogén levegőben történő oxidálódása során keletkeznek és az üzemanyagban tárolódnak el. Ugyanezen elv segítségével számolható ki annak az üzemanyagnak a mennyisége, amely a CO_2 , CO , VOC és PM egy meghatározott keverékéhez szükséges, mivel az üzemanyag teljes széntartalma és a reakció során keletkező égéstermék széntartalma között egyensúly kell, legyen. Bármely széntartalmú szennyezőanyag tömegének számítása lehetséges az üzemanyag tömegének és a többi anyag arányának ismeretében. Azonban a CO_2 kivételével az így kapott eredmények pontatlanok, mivel csak viszonylag csekély mennyiségű alkotó anyag keletkezik.

Az emissziós vizsgálatok általában a legfontosabb égéstermék, a CO_2 és más szennyezők mérését jelentik, s az üzemanyag felhasználás közvetlen mérésére csak ritkábban térnek ki. Ebből kifolyólag a közúti közlekedés emissziós tényezői a kipufogógázok összetevőire vonatkoznak (a CO_2 -t is beleértve), s az üzemanyag felhasználás a fent bemutatott szén-egyensúly módszer alapján a következő egyenlettel számítható:

$$[MHA] = (12 + r_1) \cdot \left(\frac{[CO_2]}{44} + \frac{[CO]}{28} + \frac{[HC]}{12 + r_2} + \frac{a \cdot [PM]}{12} \right), \quad (20)$$

ahol: $[MHA]$ a motorhajtó anyag tömege, $[CO_2]$, $[CO]$, $[HC]$ és $[PM]$ a keletkezett szennyezőanyagok tömege, r_1 és r_2 az üzemanyag hidrogén-szén arányai, illetve annak megfelelő szénhidrogén kibocsátásai, a pedig a kibocsátott apró szénemcsék széntartalom aránya.

Feltételezhető, hogy r_1 és r_2 egyenlők és jellemző értékük benzin esetén 1,8, dízelolajnál pedig 2,0. Ahol pedig ez nem ismert, ott az a értékre 1 használható. A valóságban a PM részecskék nem mindegyike szén formájában kerül a levegőbe, ezért a feltevés kis különbséget tesz a számított üzemanyag-fogyasztásnál, hiszen a PM tömege a többi kibocsátott anyaghoz képest igen kicsiny.

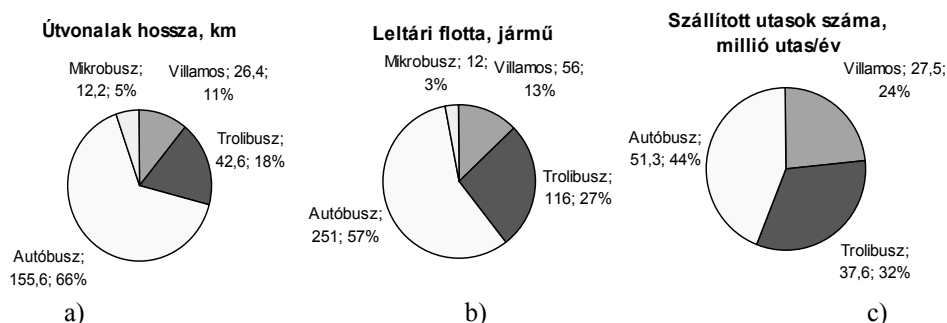
Néhány esetben alkalmazható a módszer az üzemanyag-fogyasztási adatokból számítható szén-dioxid kibocsátás meghatározásához is.

Az ólom- és kéndioxid-emisszió közvetlen mérése is szokatlan, azonban szükségtelen is, hiszen azokat a fogyasztásból és az üzemanyag ólom- és kéntartalmából elfogadható pontossággal meg lehet határozni.

3. A kolozsvári közösségi közlekedés károsanyag-kibocsátásának és energia-fogyasztásának becslése

3.1. A kolozsvári közösségi közlekedés leírása

A Kolozsvári Városi Utasszállító Vállalat 350.000–400.000 ezer lakost szolgál ki, amelyből 310.000 állandó lakhelyű. A 182 km²-es kiszolgált területen (16 km² elővárosi) autóbuszok, mikrobuszok, trolibuszok és villamosok biztosítják a közösségi közlekedést. A közösségi közlekedés legnagyobb hányadát az autóbuszok látják el (2. ábra), főként az útvonalak hosszát tekintve. Figyelemre méltó azonban, hogy az utasok számát tekintve a kolozsvári közösségi közlekedés 65,1%-a környezetkímélő elektromos hajtású járművekkel történik, amelyek alacsony helyi környezetszennyezéssel működnek. Az elektromos hajtás környezetszennyezése az erre szükséges energia előállításakor történik, aminek elemzésére jelen tanulmány keretein belül nem vállalkozunk.



2. ábra

A kolozsvári közösségi közlekedés összetétele az útvonalak hossza (a), a kiszolgáló gépjármű-flotta (b) és a kiszolgált utasok száma (c) szerint

3.2. A károsanyag-kibocsátás és tüzelőanyag-fogyasztás számítása

A számításokat a 6-os táblázatban bemutatott, 2004-re vonatkozó adatok alapján végeztük.

6. táblázat: Az autóbuszflotta és a forgalmi teljesítmény összetétele

Flotta összetétel				Fajlagos forgalmi teljesítmény		Forgalmi teljesítmény évente	
Előírás		db.	%	km/nap	km/év/jármű	km/év	%
1999/96/EC	Euro III	37	21	170	62050	2295850	26
91/542/EEC – II	Euro II	10	6	150	54750	547500	6
Hagyományos	Euro I alatt	127	73	130	47450	6026150	68
Összesen		174	100	–	–	8869500	100

Az átlagsebességtől függő folytonos kibocsátás értékeit a 6-os táblázatban megadott 16,39 km/h-s átlagsebességre és a (8) összefüggéssel számítva a 7-es táblázatban foglaltuk össze.

A hosszesés korrekciós tényezőit 0...4%-os emelkedőre állapítottuk meg. Ismerve az átlagsebességtől függő folytonos kibocsátást és a hosszesési korrekciós tényezők értékeit, kiszámítható az e_f a korrigált forró emissziós tényező, valamint a forró emisszió egy évre vonatkoztatott abszolút értéke (7. táblázat).

7. táblázat: Az átlagsebességtől függő folytonos kibocsátási értékek tonnában kifejezve.

Előírás	CO	NO _x	VOC	PM	CO ₂	Összesen	MHA
Hagyományos	50,08	165,58	15,09	6,23	8 417,24	8 655,41	3 248,35
Euro II	1,89	7,85	1,00	0,23	581,37	592,43	307,13
Euro III	5,55	23,03	2,93	0,69	2 437,88	2 470,36	1 287,91
Mindösszesen	57,53	196,46	19,03	7,15	11436,49	11718,20	4843,39

Napi egy hidegindítást véve figyelembe, a 8-as táblázat korrekciós tényezőit véve figyelembe, az elindulásakor keletkező többlet kibocsátások értékeit a 9-es táblázatban foglaltuk össze.

8. táblázat. Az elindulásakor keletkező többlet kibocsátások számításának korrekciós tényezői

Tényezők	CO	CO ₂	HC	NO _x	MHA
Haladási sebesség korrekciós tényezője, $f(V)$	1,067	16,39	1,058	1,082	16,39
Hőmérséklet korrekciós tényezője, $g(t)$	1,001	1,0	0,999	1,0	1,001
Hideg motorral megtett távolság, d_c	6,141	4,024	6,141	6,353	5,551
Számítási állandó, a	3,43	3,95	2,48	0,89	11,46
Hideg motorral megtett távolság részaránya, δ	1,628	2,485	1,628	1,574	1,802
Hideg motorral megtett távolság korrekciós tényezője, h	1,03	1,02	1,072	1,279	1,0
Katalizátoros dízel motor	0,75	153,36	0,65	0,03	55,4

9. táblázat: Az elindulásakor keletkező többlet kibocsátások értékei

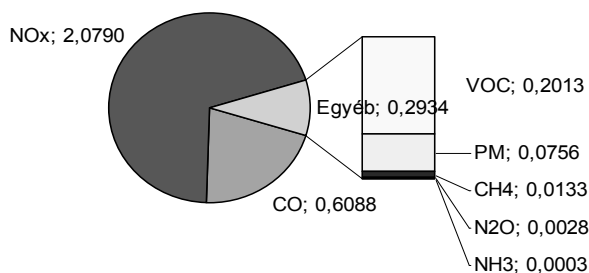
Motor típus/Mutató		CO	CO ₂	HC	NO _x	MHA
Katalizátoros (47 db.)	Alapérték, ω , g	2,18	182,57	0,82	0,06	62,98
	Hidegindításonként, g	2,397	3050,959	0,929	0,083	1031,805
	Évente, kg	15,352	47707,003	13,715	0,773	16903,431
Katalizátor nélküli (127 db.)	Alapérték, ω , g	0,75	153,36	0,65	0,03	55,4
	Hidegindításonként, g	0,825	2562,826	0,737	0,042	908,054
	Évente, kg	107,618	136972,876	41,729	3,728	46322,905

3.3. A becslések kiértékelése

Az összesített eredményeket a 10-es táblázatban, illetve a 6.1–6.3-as ábrákon mutatjuk be.

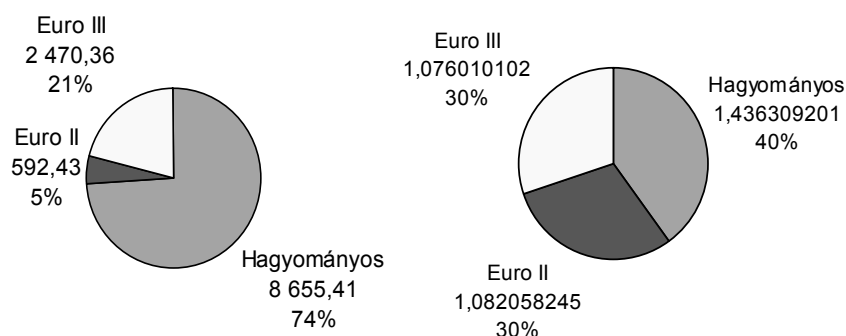
10. táblázat. A autóbuszflotta éves károsanyagkibocsátása

Károsanyag típusa	Forró kibocsátás, kg	Elindulási többlet kibocsátás, kg	Összesen, kg	Összesen, %
CO	57525,40	122,97	57648,37	0,48
CO ₂	11436489,01	184679,82	11621168,83	97,64
HC	–	55,45	55,45	–
VOC	19025,38		19025,38	–
HC+VOC	19025,38	63226,34	82251,72	0,69
NO _x	196460,84	4,5	196465,34	1,65
PM	7146,59	–	7146,59	0,06
ÖSSZESEN	11716647,22	184862,74	11901509,96	100
MHA	4 843392,84	63226,34	4906619,18	–



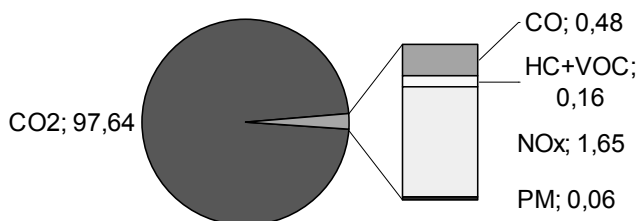
3. ábra

A nem CO₂ forró kibocsátás százalékpontos összetétele



4. ábra

A forró kibocsátás összetétele: a) tonnában; b) kg/km-ben.



5. ábra

A kibocsátások százalékpontos összetétele

A károsanyag-kibocsátások túlnyomó része a forró emisszió eredménye, ezért ilyen méretű flották esetében elhanyagolható az elindulásakor keletkező többlet kibocsátás.

Az emissziók több mint 97%-a szén-dioxid. Ennek csökkentése elsősorban az energiafogyasztás csökkentésével érhető el.

Jelentős mennyiségű szénhidrogén vegyület kerül a légkörbe, ami a motorok tökéletesítésével csökkenthető.

Az flotta Euro III-az előírásnak megfelelő autóbuszokra történő lecserélése a kibocsátások akár 30%-os csökkentéséhez vezethet.

Köszönetnyilvánítás

A kutatásokat a Sapientia Alapítvány, Kutatási Programok Intézetének ösztöndíj alapú agyagi támogatásával végeztük.

Felhasznált irodalom

- [1] BARABÁS ISTVÁN, CSIBI VENCEL-JÓZSEF, ORBÁN ZSOLT, BOTA ISTVÁN: Biüzemanyagok alkalmazásának lehetőségei és korlátai a kolozsvári tömegközlekedési szektorban, különös tekintettel a motorok károsanyag kibocsátásának csökkentésére. Sapientia Alapítvány – Kutatási Programok Intézete által támogatott 1433/2004sz. kutatási tanulmány 2004.
- [2] HICKMAN, A. J. (ed): *Methodology for Calculating Transport Emissions and Energy Consumption*. PROJECT REPORT SE/491/98. England, transport research laboratory, 1999.
- [3] JOURMARD, Robert (ed): *Methods of Estimation of Atmospheric Emissions from Transport: European scientist network and scientific state-of-the-art action COST 319 final report LTE 9901 report March 1999*.
- [4] LEONIDAS, NTZIAHRISTOR – ZISSIS SAMARES: COPERT III – Computer programme to calculate emissions from road transport. Methodology and emission factors. European Environment Agency, 2000.

Termékstruktúrán alapuló fejlesztési folyamatmodellezés és –optimalás

Product Structure Based Process Modelling and Optimisation

Groma István, Dr. Bercsey Tibor

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Gépszerkezettani Intézet

Abstract

This paper deals with a modeling and optimization method that is capable of the product structure based optimization of design processes. The processes were modeled with Design Structure Matrix. Since the precedence task is a whole NP one, guided stochastic search techniques were applied. The GA was used to multi-object optimize the time and cost of design processes. The research supported by application OTKA T032474.

Összefoglaló

A cikk a tervezési folyamatok termékstruktúra alapú modellezését és optimalását mutatja be. A folyamatok modellezésére a Design Structure Mátrixot használtuk. Mivel a sorrendtervezési feladat bizonyítottan NP teljes feladatnak minősül, ezért egy sztochasztikus kereső eljárást alkalmaztunk az optimalási feladat megoldására. A GA-t a tervezési folyamatok idő és költség szerinti multi objekt optimalására. Ez a kutatómunka a T032474 OTKA keretei között zajlott.

Kulcsszavak

Design Structure Matrix (DSM), genetikai algoritmus (GA), tervezési folyamat, optimalás

1. Bevezetés

A vállalatok gazdasági sikerét a termék, és ezen keresztül a termék előállítási folyamat határozza meg. A termék előállítási folyamatban meghatározó szerepet játszik a konstrukciós tervezés, amely hatékonyságának megítélésében a minőségi követelményeken túlmenően a legfontosabb szempontok közé tartozik a tervezéshez szükséges idő és költség ráfordítás, valamint az ezekkel szorosan összefüggő optimális erőforrás kihasználás.

A konstrukciós tervezési folyamat lefutása, idő, költség és erőforrás igénye nagymértékben függ a termék és a konstrukció fajtájától, a termék bonyolultságától és szerkezeti felépítésétől, struktúrájától [4]. Ezért a konstrukciós folyamat tervezésénél elengedhetetlen a termék ezen sajátosságainak figyelembevétele [5], amelyek a VDI 2221 [13] tervezési folyamat modelljét alapul véve összességében, csak a koncepció képzést követően állnak rendelkezésünkre. Ebben a fázisban tisztázódik, hogy mely termék koncepció kerül a tervezés és kivitelezés fázisába, valamint a menedzsment és a piac által meghatározott előzetes költség és időterv. A tervezés és kivitelezés folyamatához szükséges erőforrásokat a fenti paraméterekhez kell illeszteni.

Az erőforrások azonban több projekthez is hozzá lehetnek rendelve és időben, költségben korlátozottak. Ezért napjainkban a középpontba került egy olyan termékfejlesztési folyamat és módszertan kidolgozása, amelyben a műszaki-technikai problémák megoldása mellett megfelelő hangsúlyt kap a fejlesztési-tervezési folyamat szervezése, az idő, erőforrás, kapacitás, költség valamint az információ folyam tervezése [7]. A bázist ehhez a komplex feladathoz a Design Structure Matrix (DSM) biztosítja.

2. Design Structure Matrix

Stewart [10] volt az első, aki információs és szervezeti kapcsolatok leírására a DSM-et alkalmazta. A módszer azonban csak számítógépesítése [9] után vált igazán ismerté és jól használhatóvá.

A DSM módszer azon alapszik, hogy a részegységek tervezési folyamatai közötti kapcsolat alapján a tevékenységek sorrendje átrendezhető, ezzel átláthatóvá és rövidebbé (olcsóbbá) téve a teljes folyamatot.

A tervezendő termék szerkezeti elemei közötti kapcsolatok leírásához egy mátrixot használunk, melyre a következők érvényesek:

A termék A_i ($i=1,2,\dots,n$) fő szerkezeti elemei megadják az 1. ábrán látható mátrixot. A diagonál elemei önmagukat reprezentálják, azaz $a_{ij}=0$ ($i=j$). A mátrix többi eleme a főbb szerkezeti elemek közötti kapcsolatok ábrázolására szolgál. Ha A_i struktúra elem információt ad A_j -nek, akkor $a_{ij}=1$, egyébként $a_{ij}=0$, ami azt jelenti, hogy az A_i és A_j elemek között nincs kapcsolat. Ha a mátrix egyik elemére igaz, hogy $a_{ij}=1$, és $i < j$, akkor ez az elem a diagonál felett van és előrecsatolt (feed forward) kapcsolatot jelent, amennyiben $i > j$, az elem a diagonál alatt van, visszacsatolást (feedback), vagy ciklust jelent. Ciklus esetén megadható az aktuális sorrend szerinti vélt ciklusok száma.

A mátrix elemeihez hozzá lehet rendelni további számos információt, amely a DSM módszer alkalmazhatóságát növeli. A következőkben bemutatásra kerülő eljárás jelenlegi formájában a menedzsment által megszabott költséget és időt kezeli.

A mátrix felvételekor a sorrend miatt előfordulhat, hogy a visszacsatolások száma és „mérete” (több elemet foglal magába) nagy, ez természetes módon azt jelenti, hogy nagy költséggel és időtöbblettel járnak. Ilyenek találhatóak például az 1. ábrán: 20-8, 18-5, sor-oszlop kombinációban.

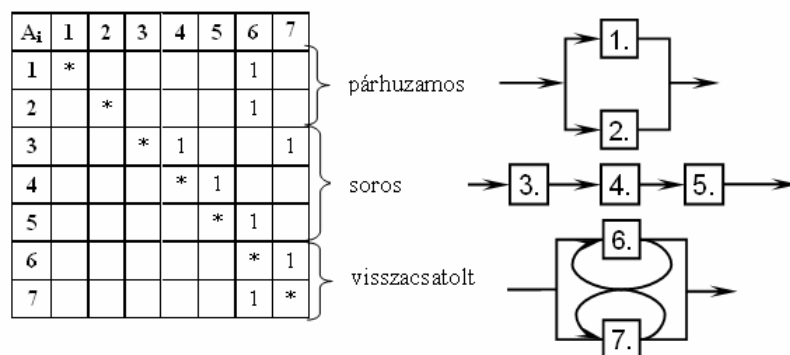
Az információfolyam szempontjából nagyon hátrányos, ha a ciklusok kereszteződnek. Ezek a tervezés során az információ redundancia, de leginkább az információk bizonytalansága miatt szintén költség többletet, és kaotikus eseményeket eredményezhetnek. Ilyenek például: 20-14 ciklus összefonódása a 17-10 ciklussal, (1. ábra).

A cél, hogy a DSM elemeinek egy olyan sorrendjét állítsuk elő, amelyben a lehetőség szerint minimális a visszacsatolások és kereszteződések száma, a költség és idő értékek csökkentése mellett. Ez a feladat egy olyan optimáló algoritmust igényel, amely robusztus feladatok megoldására is alkalmas, és képes egyszerre több súlyozott cél szerinti gyors optimálásra. Ennek megfelelően választottuk a genetikai algoritmusokat az optimálás végrehajtására.

Sz.e.	T	K	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	30	30									1													
2	40	20	8																					
3	10	50																		1				
4	10	50														1								
5	10	50								1														
6	50	10	4	2						1												1	1	
7	40	20														1								
8	50	10	8						6	2														
9	20	40			7				2															
10	20	40							8							1								
11	40	20						8																
12	30	30											5											
13	30	30												3										1
14	20	40												6										
15	30	30							4						8									
16	20	40													6		7							
17	30	30									8						7		8					
18	40	20				6												8		6				
19	50	10																	6		2			
20	40	20							7						4					2				
21	20	40															8							
22	20	40																						

1. ábra
DSM

A mátrixban szereplő kapcsolatok kifejtethők blokk diagrammá a 2. ábra alapján.



2. ábra
Kapcsolatok ábrázolása blokk diagrammban

3. Genetikai algoritmus

A '60-as évek elején John Holland és Ingo Rechenberg egymástól függetlenül megkísérelt egy olyan algoritmust kidolgozni, mely a természetes evolúció mechanizmusán alapszik. Rechenberg eredménye „evolúciós stratégia” néven vált ismertté, Hollandé pedig a „genetikus algoritmus” nevet viselte. A genetikus algoritmusok hatékony eszközök a diszkrét optimumkereséshez. A genetikus algoritmusok nem minden esetben közvetlenül az optimalizációs feladat paramétereivel dolgoznak, hanem e paramétereket reprezentáló bináris kódokkal operálnak, amelyek ugyan numerikus problémáknál jól adaptálhatók, de sorrendoptimalásnál használhatatlanok [6], [8].

Tehát egy terméket egy olyan jelvektorral ábrázolunk, ami megfelel a természetes kromoszómának. A jelvektort a biológiai megfeleltetés okán kromoszómának hívjuk. A keresési tér minden pontját, amely az összes termékvariánst tartalmazza, ábrázolni lehet egy kromoszómával. A genetikus algoritmus alapú keresés egy véletlenül előállított indulási populációból indul ki.

3.1. Kódolás

A genetikai algoritmusok legtöbbször nem direkt, hanem kódolt formában (pl.: bináris vagy gray kódolás) dolgoznak az optimalizáló paraméterekkel, de sorrendoptimalás esetén ez nem célravezető [2], [3]. Esetünkben a gén (egy adott sorrend, a keresési tér egy megoldása) a szerkezeti elemek sorszámából (kromoszóma) áll, kódolatlan formában.

3.2. Kiválasztás

A véletlenszerűen előállított kezdeti populáció egyedei közül, a kiértékelés után, két fajta szelekciós eljárás hatékonyságát vizsgáltuk. Az egyik a „Better Half” szelekció [1], ahol a populáció jobbik felét választjuk a további genetikai operátorok működtetésére. A másik típus a „Tournament,” szelekció [12], ahol véletlenszerűen kiválasztott két egyed rátermettségét hasonlítjuk össze, és a jobb rátermettségű egyed jut tovább.

3.3. Keresztezés

A keresztezés során kicserélődik a genetikai információ két egyed között, és létrejön egy új egyed. Az algoritmus a keresztezést ez esetben az úgynevezett pozíció bázisú (Position based crossover) keresztezéssel végzi el [11]. Ez azt jelenti, hogy az egyik szülőelemből véletlenszerűen kiválaszt az algoritmus egyes kromoszómákat, majd ezeket a kiválasztás helye szerint átírja az utód génjébe. A maradék helyeket a másik szülő elemeivel tölti fel úgy, hogy végigellenőrzi a sorrendet, és az első, amelyik még nem szerepel az utódban, átkerül az utód első üres kromoszóma helyére.

3.4. Mutáció

A mutáció során a keresztezés által előállított utódban véletlenszerűen kiválaszt az algoritmus két kromoszómát, és az ott lévő értékeket felcseréli. Ez a sorrend alapú mutáció [11].

3.5. Kiértékelés

Tervezési folyamatok optimalása megköveteli a költség és idő szerinti optimalást. Ennek megfelelően a kiértékelési eljárást úgy alakítottuk ki, hogy képes legyen az idők és költségek együttes figyelembevételére. A fejlesztés során ügyeltünk arra, hogy a vevői követelmények e két cél tekintetében és fontosságában különböző lehet. Így mindkét paraméterre bevezettünk súlyozási tényezőket. Ezzel beállítható, hogy a költség, vagy az idő cél a fontosabb.

Azért, hogy a modell jobban közelítse a valóságot, a ciklusokra bevezettünk egy további tanulási tényezőt (learning rate). Használatát az indokolja, hogy a ciklusokban szereplő, többször befutott tervezési lépések egyre kevesebb időt és költséget igényelnek, hiszen a megoldásukhoz szükséges apriori tudás is egyre kevesebb.

A célfüggvény általános definíciója (1):

$$f(\underline{wt}, \underline{wi}, \underline{tt}, \underline{ct}_{\langle s \rangle}, TI) := [\underline{wt}_1 \quad \dots \quad \underline{wt}_n] \times \begin{bmatrix} \frac{1-tt_1^{ct_1}}{1-tt_1} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & \frac{1-tt_n^{ct_n}}{1-tt_n} \end{bmatrix} \times \begin{matrix} T \\ \begin{bmatrix} t_1.i_1 & \dots & t_1.i_m \\ \vdots & & \vdots \\ t_n.i_1 & \dots & t_n.i_m \end{bmatrix} \end{matrix} \times \begin{matrix} \begin{bmatrix} wi_1 \\ \vdots \\ wi_m \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (1)$$

T	A szerkezeti elemek halmaza.
$n \in N_1 : T = n$	A szerkezeti elemek száma.
$m \in N_1$	Az értékelésnél releváns indikátorok száma.
$\langle s \rangle$	A szerkezeti elemek egy gyártási sorrendje.
$\underline{wt} \in R^n$	Az egyes szerkezeti elemek súlya a célfüggvényben.
$\underline{wi} \in R^m$	Az egyes indikátorok súlya a célfüggvényben.
$\underline{tt} \in [0,1]^n$	A szerkezeti elemekre vonatkoztatott tanulási ráták vektora.
$\underline{ct}_{\langle s \rangle} \in N_0^n$	A szerkezeti elemek adott gyártási sorrend mellett, ismételt előállítási számát tartalmazó vektor.
$TI \in R^{n \times m}$	A szerkezeti elemekhez tartozó indikátorértékek mátrixa.

A célfüggvény belső, számításakor használt alakja (2):

$$f(\underline{ct}_{\langle s \rangle}) = \underline{l}^T \times \left(I - \begin{bmatrix} tt_1^{ct_1} & \dots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \dots & tt_n^{ct_n} \end{bmatrix} \right) \times \underline{r} \quad (2)$$

$\underline{l}, \underline{r} \in R^n$	Célfüggvény számításához tartozó segédvektorok.
$I \in R^{n \times n}$	Egységmátrix.

A feladat megfogalmazás (3):

$$\langle s_0 \rangle \in Perm(T) : f(\underline{ct}_{\langle s_0 \rangle}) \approx \min_{\langle s \rangle} f(\underline{ct}_{\langle s \rangle}) \quad (3)$$

$$|Perm(T)| = n!$$

Tehát, keressük azt a sorrendet, amelynél az átfutási idő és a folyamat teljes költsége minimális.

3.6. Algoritmus paraméterek

Az algoritmus futtatásához a következő paramétereket használtuk:

- mutáció valószínűsége: 0,4
- kereszteződés valószínűsége: 0,6
- tanulási ráta: 0,95

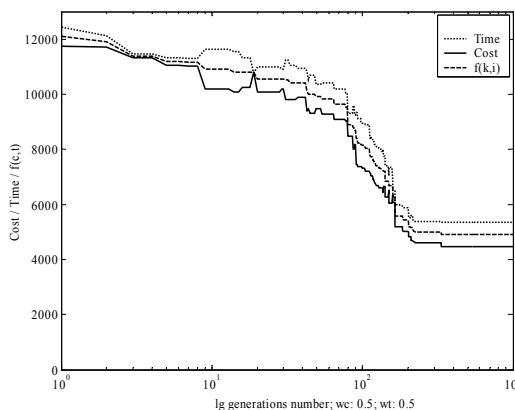
- populáció nagyság: 20
- generációk száma: 1000

4. Eredmények

A vizsgált feladat 22 szerkezeti elemből áll, 24 db visszacsatolást és 16 kereszteződést tartalmaz. A kiindulási sorrend 12066 időegységet és 12020 költségegységet igényel. A kiindulási mátrixot a 4. ábra mutatja, ahol S.E. a szerkezeti elem száma, T a tervezés ideje, C a tervezés költsége.

Az optimalálás során a súlyozási tényezők hatását vizsgáltuk. Az első optimalálás során a súlyozás értékei azonosak voltak, azaz $w_c = w_t = 0,5$. Az optimalált sorrendet és az optimalálás lefutását a 3. ábra mutatja. Az optimalálással a költségigény 4476 egységre, az időigény 5359 egységre csökkent.

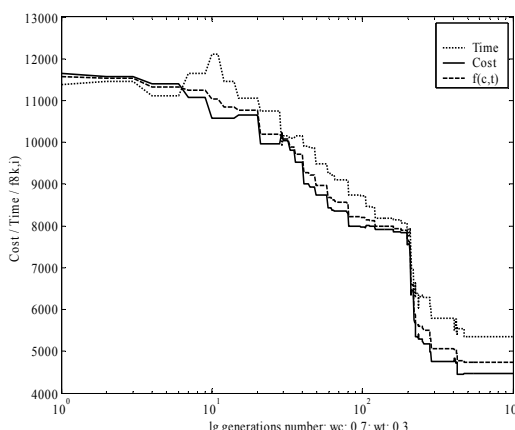
S.E.	T	C	12	11	6	3	21	16	17	18	19	20	10	15	5	13	14	8	7	9	2	1	4	22
12	30	30	1																					
11	40	20		1																				
6	50	10			1	1						1						1					1	
3	10	50								1														
21	20	40						1																
16	20	40					7						1											
17	30	30					7	8					1											
18	40	20					8	6						1										
19	50	10								2														
20	40	20									2						1	1						
10	20	40															1	1						
15	30	30															1	1						
5	10	50																1						
13	30	30	3																					1
14	20	40														6								
8	50	10																	1	2	1			
7	40	20																1						
9	20	40																2						1
2	40	20																				1		
1	30	30																		1				
4	10	50																						
22	20	40																						



3. ábra
Optimalált DSM 1, optimalálás lefutása

A második optimalálás során a súlyozás értékei a következők voltak: $w_c = 0,7$; $w_t = 0,3$. Az optimalált sorrendet és az optimalálás lefutását a 4. ábra mutatja. Az optimalálással a költségigény 4450 egységre, az időigény 5370 egységre csökkent.

S.E.	T	C	12	11	6	3	21	16	17	18	19	20	10	15	5	13	14	8	7	9	2	1	4	22
12	30	30	1																					
11	40	20		1																				
6	50	10			1	1						1							1					1
21	20	40						1																
3	10	50								1														
16	20	40						7						1										
17	30	30						7	8					1										
18	40	20						8	6						1									
19	50	10						6	2															
20	40	20									2							1	1					
10	20	40																1	1					
15	30	30																1	1					
5	10	50																	1					
13	30	30	3																					1
14	20	40														6								
8	50	10																		1	2	1		
7	40	20																1						
9	20	40																	2					1
2	40	20																					1	
1	30	30																			1			
4	10	50																						
22	20	40																						



4. ábra
Optimalált DSM 1, optimalálás lefutása

Az algoritmus működéséhez meg kell jegyezni, hogy a célfüggvény alkalmas megválasztásával az összetartozó elemeket alfolyamatokba rendezte az algoritmus (rövidítve az átfutás idejét és csökkentve a költségeket), külön clustering algoritmus alkalmazása nélkül (3. ábra 12-13. és 14-22 elemek közötti rész). Összességében megállapítható, hogy a kidolgozott módszer lehetőséget ad a tervezési folyamatok átlátható optimalálására. Továbbá teljesíti a szabványos rendszerekkel való együttműködést, az oda- és visszakonvertálást.

A rendszer hatékonyságát felvétele során bevezetett valószínűségek használatával szeretnénk növelni, így egy teljesen új termék tervezése során is képes a rendszer helyes megoldást adni, úgy, hogy a nagyon gyenge kapcsolatokat nem veszi figyelembe. Jelenleg a célfüggvény számítása során teljes emberórát számítunk. Ez ugyan a sorrend szempontjából optimális, de a folyamatot nem lehet időben elhelyezni. Ezért szükséges az optimált DSM kikonvertálása egy hálótervvé, amely már lehetővé teszi a valós átfutási idő kiszámítását. Itt egy további lehetőség nyílik arra, hogy az erőforrásokat a dátumozott folyamat, azaz projekt követelményeinek megfelelően lehessen az egyes feladatokhoz hozzárendelni.

Irodalmi hivatkozások

- [1] ABRAMSON, D., LEWIS, A., PEACHEY, T., FLETCHER, C.: An Automatic Design Optimization Tool and its Application to Computational Fluid Dynamics. Proc., ACM/IEEE SC2001 Conf., Denver, CO, 2001.
- [2] ALTUS, S., S.; KROO, I., M.; GAGE, P., J.: A Genetic Algorithm for Scheduling and Decomposition of Multidisciplinary Design Problems, ASME Paper 95-141., 1995.
- [3] BLOEBAUM, C.L.: An Intelligent Decomposition Approach for Coupled Engineering Systems, proceedings of the Fourth AIAA/AF/NASA/OAI Symposium on Multidisciplinary Analysis and Optimization, Cleveland, OH.. 1992.
- [4] DONALD, G., R.: Die neuen Werkzeuge der Produktentwicklung, Carl Hanser Verlag, München, Wien, 1998
- [5] EHRENSPIEL, K.: Integrierte Produktentwicklung: Methoden für Prozessorganisation, Produktentwicklung und Konstruktion, Carls Hansen Verlag München Wien, 1995.
- [6] HOLLAND, J.: Adaptation in natural and artificial systems, MIT Press, Cambridge, Mass 1975
- [7] MARCA, D. A.; MCGOWAN, C. L.: Structured analysis and design technique: SADT, McGraw-Hill, New York 1988
- [8] RECHENBERG, I.: Evolutionsstrategie – Optimierung technischer Systeme nach Prinzipen der biologischen Evolution, Friedrich Frommann Verlag, Stuttgart 1973
- [9] ROGERS, JAMES L.: DeMAID/GA - An Enhanced Design Manager's Aid for Intelligent Decomposition, 6th AIAA/USAF/NASA/ISSMO Symposium on Multidisciplinary Analysis and Optimization, Seattle, WA , September 4-6, 1996a. AIAA paper No. 96-4157.
- [10] STEWARD, D., V.: SystemAnalysis and Management: Structure, Strategy and Design, Petrocelli Books Inc. 1981.
- [11] SYSWERDA, G.: Schedule Optimization Using Genetic Algorithms, Handbook of Genetic Algorithms, Van Nostran Reinhold, New York, 1990.
- [12] T. BACK. Generalized Convergence Models for Tournament- and Selection, In Larry J. Eshelman, editor, Proc. Sixth Int. Conf. on Genetic Algorithms, 2-8. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco, 1995.
- [13] VDI-RICHTLINIE 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte, Düsseldorf, VDI-Verlag 1986

A Magyar Királyi Államvasutak építkezései Erdély területén

Railway Construction in Transilvania

Dr. Horváth Ferenc¹, Dr. Kubinszky Mihály²

¹ny. MÁV mérnök, főtanácsos, ²ny. egyetemi tanár

Abstract

Ferenc Horváth and Mihály Kubinszky's book presents the evolution of the Transilvanian railway network and the related developments. We publish fragments of this book on the pages of the Technical Review. This paper presents the railway companies' constructions in the Banat region.

Az ACsEV pályája

Az Arad-Brád vasútvonal Borosjenőig sík területen, a hegységek lába előtt vezetett. Borosjenőnél tért keleti irányba a Fehér-Körös völgyébe és ettől kezdve váltakozva a folyó jobb és bal partján haladt tovább. A vasút jelentős szállítási feladatot látott el. A síkvidéki területéről mezőgazdasági termékeket, bort és gyümölcsöt, a hegyvidékről fát, követ, a vasbányák és a gyárak termékeit fuvarozta. Különösen sok fűrészüzem dolgozott a vasút mentén és vette igénybe a vasúti szállítást.

A síkvidéki vonalrészén kevés földmunka volt szükséges a pálya alépítményének kialakításához. A Fehér-Körös völgyében, a hegyek között vezető szakaszon is igyekezett a tervező a pályát a lehető legnagyobb mértékben a terephez igazítani. A legkisebb ívsugarak a síkvidéki részen 300-400 m-esek, a Körös völgyben 275 m-esek voltak, az emelkedők mértéke 5-10 ‰ között változott.

A földmunkát 3,9-4,4 m koronaszélességgel alakították ki. A Fehér-Körös közelsége miatt a folyó áradása már az építkezéskor és később is sok kárt tett az alépítményben. Emiatt a vasúttársaságnak egy szakaszon árvédelmi gátat kellett építeni, több helyen az eredeti tervhez képest a pályaszintet megemelni, a töltésrészűt kövel burkolni. Az aradbrádi vasútvonal Gurahonc-Nagyhalmágy szakaszán 247 m hosszú alagút épült, trachit és tufarétegben angol építési módszer szerint. Az alagutat végig kifalazták. A vasútvonalon több kisebb méretű áttereszen és fahídon kívül kilenc nagyobb, 40-60 m nyílású híd épült a Fehér-Körösön részben fából, részben már eredetileg is vasszerkezettel. A borosjenői 60 m-es híd cölöpökön nyugvó, 6 db 10 m nyílású ékelt fagerenda szerkezetből állt. A vashidak két és többtámaszú vasgerenda, illetve párhuzamos vagy felgörbített övű rácsos tartók voltak, köbhídfőkön és köpilléreken (106. ábra). Legszébb és a környezetében a legjobban beilleszkedő volt közülük az Alvácza község melletti 40 m-es kéttámaszú, alsópályás parabola alakú rácsos acélszerkezet (107. ábra). A kisebb műtárgyakat boltozott hídként vagy fából épített nyílt áttereszként alakították ki. A Tiszántúlon vezető Arad-Szőreg és Mezőhegyes-Kétegyháza-Újszentanna vonalak síkvidéki vasutak voltak. Kevés földmunkával és műtárggyal épültek. A legnagyobb emelkedő 5 ‰, a legkisebb ív 300 m sugarú volt. Nagyobb hídra Makónál, a Maroson való áthaladáshoz volt szükség. A meder felett 4 nyílású, 103,2 m hosszú, az átterek felett 18, illetve 10 nyílású, 116,2 és 66,1 m hosszú faszervezeteket építettek. A vasúttársaság első vonalainak építésénél (Szőreg-Arad-Borossebes, Mezőhegyes-Kétegyháza-Kisjenő) 1884-ig 23,6 kg-os „e” jelű vas, majd ugyanilyen tömegű acélsíneket használt. Az 1886 után üzembe helyezett vonalakon (Borossebes-Brád, Borosjenő-Csermő, Újszentanna-Kisjenő) valamivel nagyobb tömegű, 24,92 kg-os „k” jelű síneket fektettek. A vassíneket gyors kopásuk miatt „e” jelű acélsínekre cserélték. A kitérők „e”, „k” és „i” rendszerű sínekből készültek. A vasúthálózat nagyobb forgalmú állomásai Arad, Újszentanna, Világos, Pankota, Borosjenő, Borossebes, Gurahonc, Nagyhalmágy, Brád, Mezőhegyes, Apátfalva, Makó, Kiszombor, Mezőkovácsháza, Battonya, Kétegyháza, Elek és Kisjenő voltak. A vasúttársaság vonalain jelentős személy- és áruforgalom bonyolódott le. A teherforgalom nagy részét mezőgazdasági termékek, fa-, kavics-, kő- és bányatermékek alkották. Jelentős mértékben növelték a vasút forgalmát a vonalhoz csatlakozó ipari és vontatóvágányok, keskeny nyomközű iparvasutak.



106. ábra
Borosjenői Fehér-Körös-híd fényképe



107. ábra
Alvácza-Brád közötti Fehér-Körös-híd fényképe

A normálnyomtávolságú vágányok hossza meghaladta a 11 km-t, a 760 mm keskenynyomtávolságúaké a 73 km-t. Kiágazási helyeik: Borosjenő, Borossebes, Butyin, Gurahoncz, Pusztaföldvár, Apatelke, Zimánd. Az ACsEV vonalainak történetéből külön is megemlíthető tény, hogy a legkisebb költséggel megépített hazai vasútvonalak voltak. Főleg az elsőként üzembe helyezett vonalak épültek gazdaságosan. Az arad-borosjenői vonal építése kilométerenként 25795 Ft (51590 korona), a borosjenő-borossebesi 23555 Ft (47110 korona). Az Arad-Csanádi Egyesült Vasút az ország legjobban és leg gazdaságosabban működő vasúttársaságai közé tartozott, csaknem minden évben jelentős osztalékot fizetett. Utolsó vonalának építését 1896-ban fejezte be, de a további időszakokra is hatalmas fejlesztési terveik voltak. Vonalait meg akarták hosszabbítani kelet felé a Mezőségig, Tordáig, nyugat felé a Bánátban Nagybecskerekig, Nagyikindáig. Ezek a tervek nem valósultak meg, a Bánátban más HÉV társaságok építkeztek, később pedig az első világháború kitörése akadályozta meg a további építési munkákat.

Az Arad-Csanádi Egyesült Vasút nevéhez fűződik a mellékvonalakon a motorkocsis üzem magyarországi bevezetése is, amit az igazgatóság 1902 tavaszán határozott el. A megvalósításhoz először a Daimler cégtől rendeltek egy benzinmechanikus motorkocsit, majd az ezzel folytatott több hónapos sikertelen kísérlet után a Ganz cégtől egy háromtengelyű, 1A1 tengelyelrendezésű, de Diön Bouton rendszerű gőzmotorkocsit. Ez a típus annyira bevált, hogy az 1903. márciusi Arad-Makó-Mezőhegyes közötti miniszteri próbaút után a MÁV is rendelt módosított, kéttengelyű gőzmotorkocsikat a Ganztól. Az első gőzmotorkocsi tengelyterhelése 6,5 tonna,

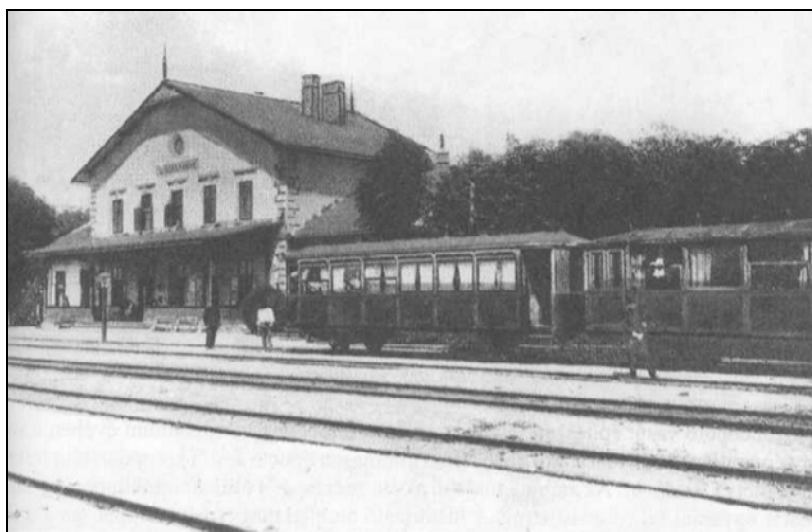
sebessége 45 km/h volt, a későbbieké 9,0 tonna, illetve 50 km/h. 1904-től kezdve az ACsEV részére az aradi Weitzer gyár szállított 9,7-10,0 tonna tengelyterhelésű, 40-60 km/h sebességű benzin-villamos üzemű motor-kocsikat.

Az első világháború után a vasúttársaság 385 km-es hálózatából 129 km maradt magyar területen, a vasút aradi központja és vonalainak nagyobb része Romániának jutott. A határ a vasút vonalait Battonyán és Eleken túl metszette át. A magyar területen maradt vonalakat irányító társaság a Szeged-Csanádi Vasút nevet vette fel és központja Makó lett. A vasút önállóan működött, nagy forgalmat bonyolított le, amely Szeged, Makó, Mező-hegyes és Békéscsaba felé irányult.

A vasutat a magyar állam 1945-ben vette állami tulajdonba, és azóta a MÁV vonalhálózatának szerves része. A Romániához csatolt területen lévő vasút a román államvasút tulajdonába került. A Brádnál csonkán végződő vonalat meghosszabbították Déváig, ahol az Arad-Gyulafehérvár vonalhoz csatlakozott.

Az Arad-Csanádi Egyesült Vasutak magasépítési munkái

Amikor az Arad-Körösvölgyi Vasút 1877-ben megnyitotta első vonalszakaszát Aradtól Pankotáig, majd Borosjenőig, az építészet már a dekoratív historizmus stílusjegyébe lépett. Elismerésre méltó, hogy egy vasút, mely állami támogatás nélkül, csak a kezdeményező részvényesek erejéből és hitelfelvételből - rendkívül takarékosan - épült, nemsokára érvényesíteni tudta a kor építészeti igényeit. Főként az 1881-ben üzembe helyezett Borosjenő-Borossebes vonalszakaszon mutatkozik ez. Mert míg az első ütemben épített Újszentanna állomáson az emeletes - a vágány felé széles, ötblaktengelyes, oromzatos épülettömb, mely kétoldalt szárnyakkal is bővült, még puritán építészetben mutatkozik (108. ábra), addig a második szakaszon álló Bokszeg-Bél állomás már azt az oromzatos, faragásokkal dekorált, ács munkával készült verandát mutatja, amit az Arad-Csanádi HÉV magyarországi vonalszakaszairól is jól ismerünk.



108. ábra

Újszentanna vasútállomás felvételi épülete

Az Arad-Körösvölgyi Vasútnak és az Arad-Csanádi HÉV-nek 1893-ban törvénnyel szentesített összevonása révén létrejött az Arad-Csanádi Egyesült Vasutak (ACsEV). A két vasút állomásépületeinek igen hasonló architektúrája is bizonyítja, hogy együttműködésük már az 1885. év végén létrehozott közös vezetés ideje előtt létrejött. Gurahoncz fontos ipartelep volt a Körös völgyében (nevét később Honcztőre változtatták), itt 1889-ben markáns tömegkompozíciójú, a vonal többi épületétől eltérő, két oromzatos oldalrizalittal, emeletes felvételi épületet emeltek, a középső szakasz előtt perontetővel. Figyelemre méltó a két oromzat faragásos dekorálása az egyébként puritán megjelenésű épületen.

A Körös völgyében 1895-ben érte el a vasútépítés Nagyhalmágyot, ezen a szakaszon épült Halmágycsúcs földszintes épülete, ismét faverandával és faragott oromzattal. A szép természeti környezetben ez az architektúra különösen hatásos. Ugyanez jellemzi a keskeny nyomtávolságú szárnyvonal végállomásán, Menyházafürdő a felvételi épületét (109. ábra).



109. ábra
Menyháza fürdő vasútállomás vonattal

Az immár Arad Csanádi Egyesült Vasút cégnévvel eredményesen működő és továbbépülő vasút építészeti tevékenységének tetőpontja a millennium évében a vonal végpontján, a bányászataról neves Brád állomáson épített, festői kompozíciójú felvételi épület (110. ábra). Az architektúrában a célhoz érést és a millenniumi ünnepség hangulatát egyaránt fel lehet ismerni. A historizáló architektúra érdekesképpen az akkori magyar vasúti építészetben alig alkalmazott német reneszánsz formavilágot követi. Peron-veranda helyett előkert választja el az épületet a vágányzattól. A vasútnak voltak egyszerűbb megjelenésű állomásépületei is. Gyakoriak a vágánnyal párhuzamos gerincű földszintes felvételi épületek (pl. Székudvar, Alvácza). Néhány később felépített felvételi épület (Pankota, Ócsanád) a MÁV helyi érdekű vasutakra kidolgozott szabványait követi. Kisebb állomásépületek fából készültek és a gabonaszínek anyaga is fa volt.

Az ACsEV üzemi épületeit ugyancsak a célszerűség és korszerűség jellemezte. A társaság vezetésével szorosan együttműködött Zielinski Szilárd mérnök-professzor, az első hazai műszaki doktor (1904). Nevezetesen vasbetonépítményei (vasbetonfalas és födém szerkezeti áruraktárak stb.), amelyeket az ACSEV-nek is tervezett. Meg kell említeni az ACsEV aradi igazgatósági székházát is, amelyet a köznyelv városképformáló újreneszánsz architektúrája miatt jogosan palotának nevezett (111. ábra).

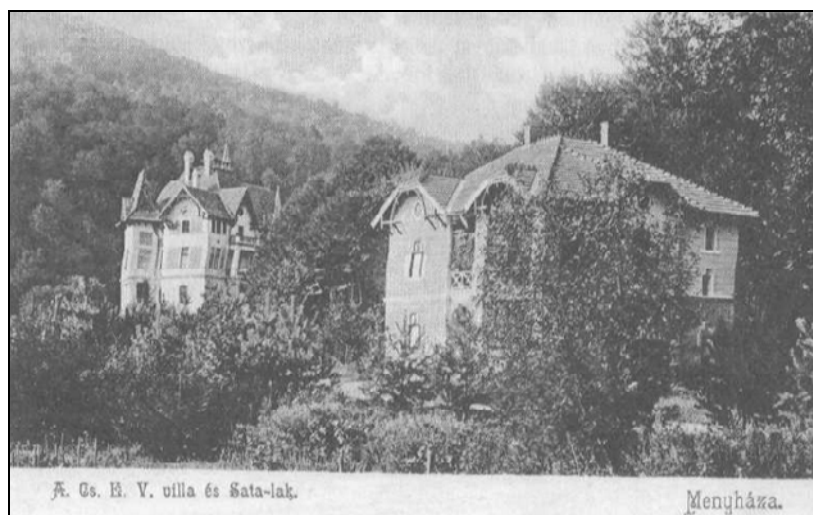


110. ábra
Brád vasútállomás



111. ábra
Az ACSEV palota Aradon

Az épületet az aradi Jiraszek Lajos építész tervezte, tehetségét annak megjelenése bizonyítja.



112. ábra
Az ACSEV villa Menyháza fürdőn

Az ACsEV kitűnő és széles körű gazdálkodását jelzi, hogy a századvégen bekapcsolódott a fellendülő turizmusba is. Menyházafürdőn az ACsEV-villa (112. ábra) a historizmus stílusában fogant tipikus üdülőszálló épületet mutat, festői megjelenésével. Az Arad-Csanádi Egyesült Vasutak technikai szintje a magyar vasutak sorából kiemelkedik. A gazdaságosság követelményeinek messzemenő figyelembevételével is e teljesítményekhez felzárkóznak az ACsEV építészeti alkotásai is.

Dr. Horváth Ferenc–Dr. Kubinszky Mihály
 MAGYAR VASÚTI ÉPÍTKEZÉSEK ERDÉLYBEN című könyv alapján

(folytatása következik)

Kőolajtermékekkel szennyezett kohéziós talajok agresszivitása vasbeton szerkezetek, betonból kivitelezett alapjaira

Agressiveness of Cohesive Soil Infested with Hydrocarbons on Simple Concrete Foundations

Dr. Mihalik András¹, Suba István¹, Nagy Nándor²

¹ Nagyvárad Egyetem, Építőmérnöki Kar

² Ép.mérnök hallgató, Műszaki Egyetem, Budapest

Abstract

The research aimed to investigate the aggressiveness of soil infested with hydrocarbons on the simple concrete foundation of a showroom built of reinforced concrete. The result underlined that the soil aggressiveness was not a chemical corrosive process, the building being in no danger by its placement into such ground: consolidation of the cohesive foundation ground with quick lime micropiles and sore-quick lime mixture was performed.

1. Bevezetés

E tanulmány megjelenése egy műszaki „disputa” eredményként értékelhető.

Egy showroom alapozási lehetőségeit elemezve, a geotechnikai tanulmány az alapozás talajának kőolajtermékekkel való erős szennyeződését mutatta ki, egy és fél méter mélységig. Az elkészült alapozási tervben, a tervezőmérnök a szennyezett talaj eltávolítását, valamint a betonszilárdság növelését minimális víz/cement tényező használatát jelölte meg, mint kötelező tényező. A kötelező előírást - mint műszaki véleményt - a tervező a beton lehetséges koróziójával támasztotta alá.

A nagy tömegű talajeltávolítás, lényegében talajcsere - majdnem két méter mélységig -gondolkodóba ejtette a megrendelő képviselőit és a problémát egy sokoldalú analízisnek vetette alá, egy széles körű műszaki konzultáció elindításával, valamint a meglévő – nagyon szűk méretű – műszaki irodalom áttanulmányozásával.

Kőolajtermékeknek a talajba való szivárgása üzemi ténykedések alkalmával – mint jelen esetben több évtizedes kőolajtermékek raktározása, manipulálása, közvetlenül a talaj felületén – szinte megakadályozhatatlan folyamat.

Mint ahogy a műszaki irodalomból ismert, az ásványi olajok nagy mértékben járulhatnak hozzá a beton mechanikai sajátosságainak, de különösen a szilárdságának a csökkenéséhez. A vasbeton és előfeszített beton elemek esetében, az ásványi olajok negatív hatást gyakorolnak a beton és a vasalás együttdolgozására, csökkentve a tapadást, a lehorgonyozási erőt az előfeszített szerkezeteknél, valamint a repedések gyorsabb megjelenését a húzott felületeken. Ezekkel egyidőben, az ásványi olajokkal átitatott vasbeton elemek merevsége csökkenő tendenciát mutat. Ismerve a telítési jelenséget (folyamatot), ásványi olajok hatására a vasbeton elemek esetében, lehetővé teszi a tervezőknek és a kivitelezőknek, hogy a védekezési előírásokkal valamint a betonszilárdság növelésével válaszoljanak erre az agresszivitásra.

Az erre vonatkozó szakirodalomban [1][2][3][4] tanulmányoztuk az ásványi olajok agresszivitását betonelemekre vonatkozóan, valamint megpróbáltuk tisztázni e jelenség során lezajló folyamatokat.

2. Általános megállapítások a kőolaj termékeknek betonok struktúrájára gyakorolt hatásáról

A fontosabb kőolajtermékek közzé sorolhatók: a benzin, petróleum, gázolaj és ásványi olajok. A megfigyelésekből, valamint a végrehajtott kutatások és kísérletezések alapján [1] megállapítható volt, hogy a benzin, a petróleum nem gyakorolnak romboló hatást a beton struktúrájára. A gázolaj kisebb mértékű romboló

hatást fejthet ki a beton struktúrájára. Viszont minden ásványi olaj – a vazelint kivéve – az idő függvényében emelkedő tendenciával negatívan befolyásolja a beton szilárdságát. A beton szilárdságának – egyszerű betonok esetében – a csökkenése, ásványi olajok hatására elérheti a 70%-ot, vagy abban az esetben, ha más romboló tényezők is megjelennek, a beton elvesztheti szilárdságának a teljes kapacitását, teherbíróképességét. Gyakorlatilag a beton mechanikai sajátosságainak a romlását, a fő okot az ásványi olajok összetételében kell keresnünk u.i. kb. 2%-át feszültségaktív anyagok teszik ki (kátrány, gyanták és más kőolajtermékek), amelyek megváltoztatják az abszorbens víz felületi feszültségét. Ezáltal meggyengülnek a specifikus fizikai-kémiai kapcsolatok az adalék anyag valamint a cement között, továbbá a kötődések magának a cement kőnek a struktúrájában. Ennek a hatása negatívan befolyásolja az adalék anyag és cement tapadását. Ugyanez a helyzet érvényes a klasszikus vasalásra, valamint az előfeszített szerkezetek vasalására is.

A benzin, a petróleum és a vazelin nem tartalmaznak feszültségaktív anyagokat, ennél fogva a nem határozzák meg a beton struktúrájának a romlását.

A kutatások folyamán [1] kipróbáltak olyan ásványi anyagokat, amelyekből hiányoztak ezek a feszültségaktív anyagok. Megállapítást nyert, hogy az ilyen helyzetekben az ásványi olajok nem hatnak rombolólag a beton struktúrájára.

A betonpróbák röntgen analízise, valamint az elektronikus mikroszkópia kimutatta, hogy az ásványi olajok nem változtatják meg a cement-kő, vagy a beton kémiai felépítését. Tehát megállapítást nyert, hogy az ásványi olajok hatása fizikai-kémiai jellegű, azaz a módosítása az abszorbens víz felületi feszültségének. (ezeknek a feszültségnek a csökkenése)

Ezek a megállapítások döntő fontosságúak, mert kiemelik, hogy az ásványi olajok hatása a beton struktúrájára nem egy kémiai koróziós folyamat. Ez a tény elősegíti azoknak a betonoknak a rehabilitációját (szilárdság visszanyerés) amelyek ki vannak téve az ásványi olajok hatásának.

3. Az ásványi olajok hatásának a folyamata, a beton minőségének a befolyásolásában. A hatás időtartama

Az elvégzett kutatásoknak és kísérleteknek az alapján [1][2][3][4] megállapítható, hogy az ásványi olajoknak negatív hatása függ a betonnak a struktúrájától. Minél több a mikrohibáknak a száma a struktúrában (pórusok, mikropórusok, mikrorepedések) annál hamarabb jelentkezik az agresszív hatás.

A víz/cement tényezőnek fontos befolyása van a beton szilárdságának csökkenésében, ásványi olajok hatása alatt: A víz/cement tényezőnek a növekedése maga után vonja a struktúra hibáinak a növekedését. A cementadagolás emelése meghatározóan befolyásolja az ásványi olajok penetráció sebességét a beton struktúrájába.

A mikrorepedések megjelenése, növekedése, a terhelések hatása alatt - feszített beton hőmérséklet változása, idő előtti kihülése, stb. - hozzájárulnak a betonszilárdság további csökkenéséhez, az ásványi olajok hatása alatt. Az időtartam hatásának az analízise azt mutatja, hogy az első hat hónapban az ásványi olajok hatása jelentéktelen a betonok összes kategóriáinak a szilárdságára.

Egy év elteltével az ásványi olajok hatása, tömör betonok esetében nagyon gyengén érzékelhető. Azoknál a betonoknál ahol a beton struktúra sok hibával van telítve, vagy azok ahol a beton szilárdság gyenge a beton szilárdság csökkenése már egy fél év után megkezdődik, és kb 7 évig növekvő tendenciát mutat, utána pedig stabilizálódik.

Ezekben az esetekben a beton szilárdságának a csökkenése elérheti a 70%-os határt, az eredeti szilárdsághoz viszonyítva.

Minél tömörebb egy beton - ha kevés strukturális hibával rendelkezik (beleértve a mikrorepedéseket is) annál későbbre tolódik ki az ásványi olajoknak a hatásának a kezdete.

A nagyon jó minőségű tömör betonoknak a szilárdság csökkenése csak 1-1,5 év után következik be. A szilárdság csökkenésének a növekedése egy 5-10 évi intervallumban érezhető, majd amikor stabilizálódik véglegesen, a szilárdság csökkenése 55-60%-a az eredeti szilárdságnak.

Ez a folyamat, a szilárdság fokozatos csökkenése az idő függvényében azzal magyarázható, hogy az ásványi olajok penetrációs sebessége csökken. Amikor ezek a felületi strukturális hibák, rongálások, betömődnek, a folyamat stabilizálódik, gyakorlatilag állandó marad. Egyes kutatók [1], az elért kutatási eredmények alapján, a következő összefüggéseket állapították meg az ásványi olajok hatása alatt álló betonszilárdság kiszámítására, a kezdeti szilárdsághoz viszonyítva.

$$R_t = R_i (1 - 0,1t) \quad (1)$$

amely arra az esetre érvényes, amikor az ásványi olajnak a penetrációja állandó (konstans).

Abban az esetben, ha az olajvesztés ritkábban fordul elő – egyszer vagy kétszer évente – ugyanaz a szerző a következő összefüggést állapítja meg:

$$R_f = R_0(1 - 0,23t) \quad (2)$$

ahol:

R_f – a beton szilárdsága a t-időközben, miután a penetráció megkezdődött

R_0 – az eredeti szilárdság a penetráció megkezdése előtt

t – az időtartam, években, attól a pillanattól kezdődően amikor az ásványi olaj penetrációja (behatolása) megkezdődött.

Az első képlet (1) 7 évre vonatkozik, a második képlet (2) 25-30 évre.

Fontos megjegyezni, hogy akkor amikor az ásványi olajok penetrációja a beton struktúrákban csak 0,5 év alatt történik anélkül, hogy folytatódna, a beton szilárdsága gyakorlatilag egyenlőnek tekinthető az eredeti szilárdsággal (a penetráció megkezdése előtt).

Megemlíthető az a tény is, hogy az ásványi olajok hatása alatt a szilárdságnak a csökkenése maximum 2/3-a az eredeti szilárdságnak.

Abban az esetben ha az ásványi olajok savakat is tartalmaznak a beton tönkremenése rövidebb idő alatt is végbemehet, ami megfelel 1,5-3 évnek. A beton szilárdságának a csökkenésével egyidejűleg megjelenhetnek mechanikus hatások is, statikusak vagy dinamikusak, amelyek teljesen tönkretelhetik a betonelemeket, szem előtt tartva a csökkentett teherbíró képességüket.

A dinamikus hatások nagyobb mértékben csökkentik az ásványi olajokkal penetrált betonelemet, mint a statikai hatások (különösen a csökkentett nyírófeszültségek miatt).

Többek között a betonok fázisválogatási szilárdsága, kiszolgáltatva az ásványi olajok hatásának sokkal kisebb, mint a normál betonoké.

Megjegyzendő, hogy a műszaki irodalomban nem találtunk ezzel kapcsolatban tanulmányokat.

Ebből kifolyólag - szerintünk - nem lehet pontosan meghatározni elfogadhatóan a szilárdságszökkenés mértékét dinamikus terheléseknél, hogy meggyőzően lehessen alkalmazni, a teherbíróképesség számításainál.

Mindazonáltal, hogy ismert a rugalmassági modulusz csökkenése az ásványi olajok hatása alatt álló betonok esetében, rendszeres kutatások hiánya miatt nem lehet megállapítani, pontosítani ezeknek az értékeknek a csökkenését.

4. Az ásványi olajok hatása vasbeton és előrefeszített beton szerkezetekre

A károsodások amelyeket az ásványi olajok okoznak a vasbeton szerkezeteknél (s ezek az esetek többségében lemez szerkezetek) csökkentik a teherbíróképességet, a szilárdság csökkenése által. Ezzel egyidejűleg nagymértékben csökkentik a betonelemek merevségét, ami kihat az építmény egészére is.

Gyengül a tapadás a vasalás és a beton együttdolgozásánál, a vasalás lehorgonyozása általában kompromittálódik. A mikrorepedéseknek a megjelenése felgyorsul, fejlődik és nem állandósul, nem stabilizálódik: vannak erre gyakorlati példák, amikor is ezeket a régi szerkezeteket fundamentálisan kellett javítani, megerősíteni. Ezekre a problémákra rendelkezünk hazai, gyakorlati kísérleteredményekkel is.

Mint ismeretes, a betonszerkezetek előregyártásának rohamos múltbeli fejlődése magával hozta az előfeszített beton szerkezetek megjelenését, nagy mértékű kivitelezését, különösen az ipari építkezéseknél.

Az előfeszített vasbetonszerkezeteknél, az ásványi olajok hatása veszélyezteti az előfeszített vasalás lehorgonyozását, mivel a tapadás nagymértékű csökkenése hatalmas veszélyeket rejt magában. Az általános stabilitás szempontjából vannak gyakorlati hazai esetek, amikor nagyon jó minőségű beton (B400, B500) szerkezetek mentek tönkre 3 év leforgása alatt és szorultak kapitális javításokra. Az egyedüli megoldás ilyen esetekben az ásványi olajok penetrációjának a megakadályozása ezekre a betonfelületekre, speciálisan kivitelezett üzemi padlószervezetek bevezetésével.

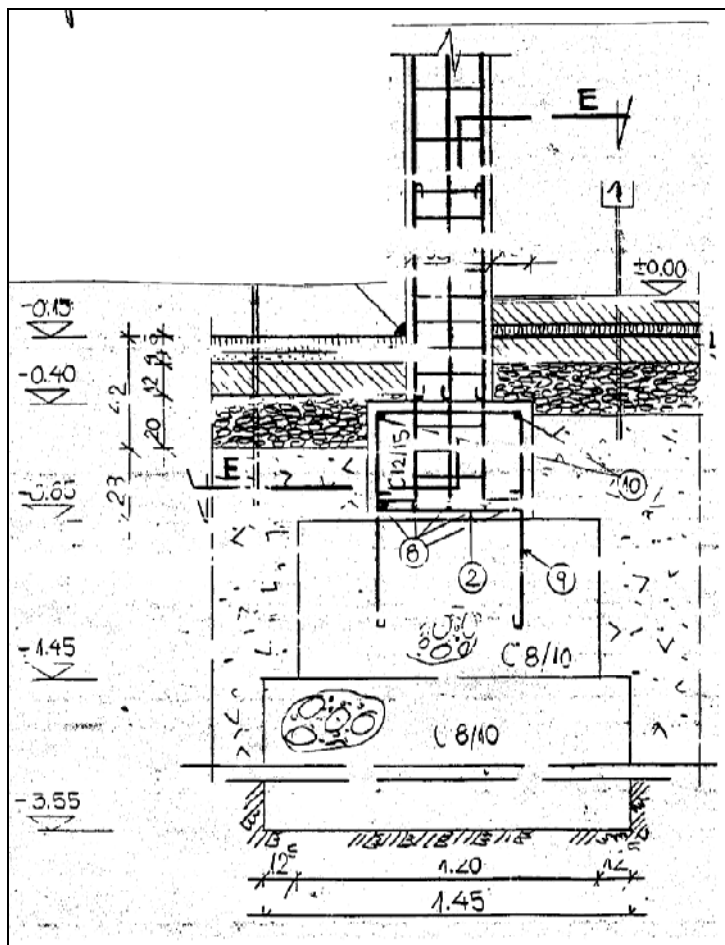
Talán itt említhetnénk meg, hogy fennáll az eshetősége annak – mivel az ásványi olajok hatása fizikai-kémiai jellegű a beton struktúra szilárdságára –, hogy eltávolítsuk az olajat ezekből a telített betonelemekből s ezáltal parciálisan rehabilitáljuk a betonok, a betonelemek szilárdságát.

A műszaki irodalomban vannak utalások arra vonatkozóan, hogy infravörös felmelegítéssel 24-48 óra alatt az olajokat eltávolították, s az így kapott szilárdság megközelítően az eredeti volt. A felmelegített betonelemeket különböző összetételű porokkal kezelték, amely fizikailag keveredett a megjelenő felületi olajjal s amelyet egyszerű „sepréssel” távolítottak el.

Az eredeti szilárdságnak a megközelítése, a felületi hibák létét teljesen kizárja.

5. Kőolaj termékekkel szennyezett kohéziós talajok agresszivitása vasbeton szerkezetek betonra kivitelezett alapjaira

Az előbbi fejezetekben az ásványi olajok közvetlen hatásával foglalkoztunk a tárgyalt beton felületekre (egyszerű beton, vasbeton és előfeszített beton). Ezekben az esetekben, lényegében a tárgyalt felületek egy „olaj fürdőben” voltak, a penetrációs folyamat az érintkezési felületen szabadon juttatta be az ásványi olaj mennyiségét a beton struktúrájába, amelynek a behatolási sebességét elősegítik a (porusok, mikroporusok, mikrorepedések) a beton struktúrájának létező mikrohibái.

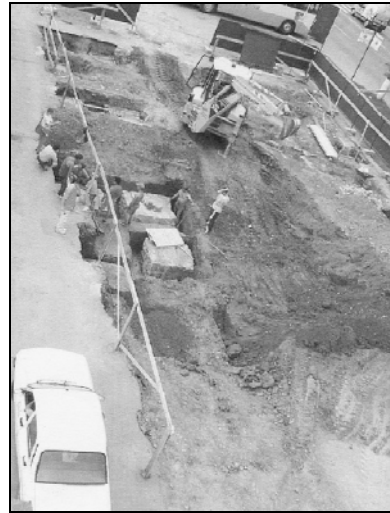


1. ábra

A szennyezett talajjal érintkező betonfelület (alapozás)

Az általunk vizsgált konkrét gyakorlati esetben, az ásványi olajok csak közvetve, a talajba beszívódott, parciálisan stabilizált formában fejthetik ki hatásukat az érintkező betonfelületekre. Nem kell különösebben bizonyítani, hogy ebben az axiómás esetben az ásványi olajok disztruktív hatása egész másképpen tevődik fel, az okozati tényezők „gyengeségének” a függvényében.

Az okozati tényezők hatását próbáltuk követni két alapozás esetében, egy tizenöt napos kockaszilárdság elérésénél. Eltávolítottuk a szennyezett talajt az alapozások körül, hogy megállapíthassuk a két érintkezési közeg felületeit, ami az elszíneződés és az olajos „tapintás”-ra korlátozódik. A beton durva és egyenlőtlen felülete – amit a zsaluzás hiánya okozott – a geometriai felület megnagyobbodását érzékeltette, nem mutatott semmi színváltozást, de az olajos „tapintás”-nak a jelei sem mutatkoztak. Habár tudatában voltunk annak, hogy ez a jelenség egy évekig tartó folyamat után jelentkezhet, a kezdeti „kontaktus”-ra voltunk kíváncsiak, ami a frissen öntött beton szilárdságának a növekedése folytán esetleg létrejöhet. Ez azonban nem volt érzékelhető, és tulajdonképpen ezt azért is csináltuk, mert évek múlva az alaphoz való hozzáférés gyakorlatilag lehetetlen, nem kivitelezhető, csak esetleg lebontott építmények esetében gondolható el.



2. ábra

Egy tizenöt napos szilárdságú beton felületének elemzése a szennyezett talajban



3. ábra

Az építkezés területe a szennyezett kohéziós talajjal

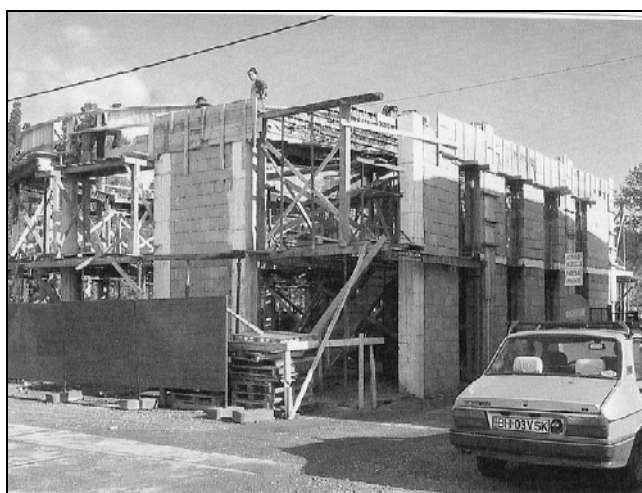


4. ábra

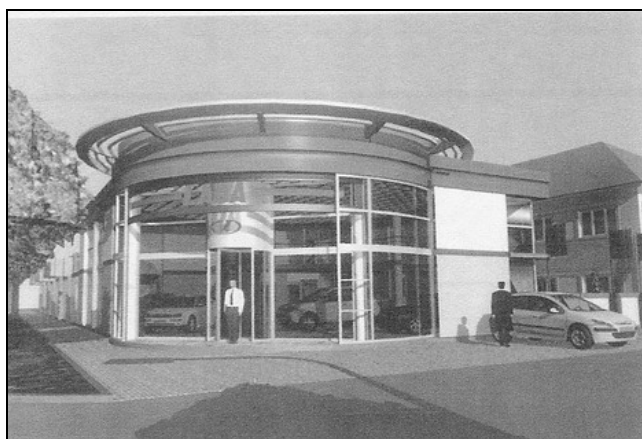
Az alapok elhelyezése a szennyezett talajon



5.ábra
A lebetonozott alaplemez



6.ábra
A showroom készülő felépítménye



7.ábra
Showroom LADA Nagyvárád

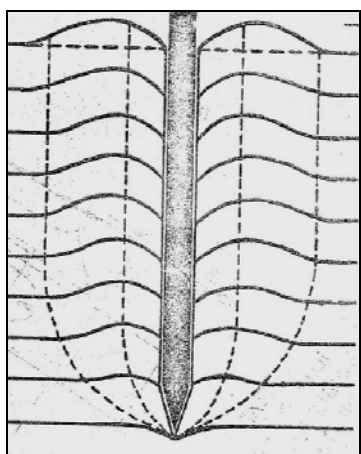
Az ismert adatok a birtokában a kőolajtermékekkel szennyezett talaj agresszivitása kohéziós talajok esetében elhanyagolható, a beton struktúrájára gyakorolt hatása mérnöki szempontból feltételezhetően nem veszélyeztetheti az épület stabilitását, az alapozások teherbíró képességét.

A nagyváradi LADA Showroom esetében (habár nem egy kiemelt fontosságú építmény) a kőolajtermékekkel szennyezett kohéziós talaj eltávolítása nélkül kiviteleztek a beton alapozásokat.

5.1. A talaj teherbírásának növelése oltatlan mészcölöpök segítségével

Figyelembe véve az agyagásványok azon kapacitását, hogy abszorbálhatnak szerves anionokat és kationokat, amelyek helyettesítik az anorganikus ionokat és ezért az organikus agyagok nagy víz abszorbáló képességüké valamint erősen duzzadnak, a kohéziós talaj parciális megerősítéséről is határoztunk, oltatlan mészcölöpökkel (mész cölöp, talajstabilizálás).

A cölöpök és környezetük megnövekedett szilárdsága három különböző folyamatra vezethető vissza.



8. ábra

A mészcölöp beverése alkalmával kialakult tömötített zónák jelensége

Első a cső beverése és az oltódás folyamata alatti kémiai reakciók hatására keletkezett nagy mennyiségű (227 kcal 1kg CaO-ból), valamint a térfogat növekedése (a mész kétszeresére duzzad) miatt a környező talaj részecskéi összetömörödnek.

Másodsorban a víz elvonása következtében növekszik a talaj nyírószilárdsága, emellett felgyorsítja a konszolidációt, redukálódnak a későbbi súlyledési értékek.

Vannak más tapasztalatok arról, hogy a cölöpök környezete nagyobb stabilitással rendelkezik mint az eredeti talaj.

Egy feltétel, amit a mészcölöpök esetében be kell tartani, hogy a mész oltódása alkalmával, a mézspor ne alakuljon át pasztává, mert ezek függőleges jelenléte veszélyeztetné az alaptalaj mechanikai tulajdonságait. Éppen ezért fontos a cölöp átmérőjének és a cölöpök közötti távolságoknak a megállapítása.

Az említett felületeken összesen 40darab mész cölöpöt kivitelezünk oltatlan mézsporral, 80mm-es átmérővel 0,60 m-es távolságokban.

Az alapozási gödrök felületei szintén ezzel az oltatlan mézszel voltak megmunkálva, ugyanígy az egész felület a mészcölöpök között.

6. Következtetések

Az ásványi olajoknak negatív hatása van a beton mechanikai tulajdonságaira. A szilárdságnak a csökkenése csak ezeknek a hatására elérheti a 70%-ot, az eredeti szilárdsághoz viszonyítva.

Azok a kőolajtermékek, amelyek nem tartalmaznak felületi feszültségaktív anyagokat, nem gyakorolnak fontos hatást a beton mechanikai sajátosságaira, valamint szilárdságra: Ezek a következők: a benzin, petróleum, vazelin, gázolaj (csak kis mértékben van csökkentő hatása a beton szilárdságára).

Az ásványi olajok általában csak 2%-ig tartalmaznak felületi feszültség aktív anyagokat, amely ebben az esetben romboló hatással van a beton struktúrájára.

A fő ok amely meghatározza az ásványi olajok romboló hatását a beton mechanikai tulajdonságaira, az abszorbens víz felületi feszültségének a változásában keresendő.

A beton szilárdságának csökkenése annál nagyobb minél több a belső strukturális hibáinak a jelenléte. A szilárdság csökkenését befolyásolja a víz cement tényezőnek a növekedése amely érezhetően növekedik a cementadagolás mennyiségével.

Az adalék anyag nagy szemnagysága, valamint ennek a mennyisége, a szilárdság csökkenését segíti elő, a kötődő erők gyengülésének következtében a cement és az adalékanyag között. Egyes adalékok – mint például a vasklorid – elég nagy arányban növelhetik a beton szilárdságát az ásványi olajokkal szemben.

A szilárdságnak a csökkenése az ásványi olajok hatására egy hosszú időtartamú folyamat. Az első hónapokban, a tömör betonoknál, (mikrorepedések nélkül), a szilárdság csökkenése alig érzékelhető. A szilárd-

ság csökkenése az első 6-8 évben jelenik meg, miután a szilárdság stabilizálódik 60-70 %-ban az eredeti értékhez viszonyítva.

Az ásványi olajok hosszantartó hatása miatt a vasbeton (kb 2 év) sima vasak esetében tapadásának 60%-át veszíti el, míg ugyanez a jelenség profílozott vasalások esetében csak 30%.

Az előfeszített vasbeton szerkezeteknél a lehorgonyozási zónában (ásványi olajjal telítve) az elemek szilárdsági kapacitásának az elvesztéséhez vezet.

Az ásványi olajjal telített betonelemeket rehabilitálni lehet az olajtartalom kivonásával. Az ásványi olajok eltávolítása után a szilárdság növekedést mutat, ami egyes esetekben oda vezet, hogy az építményeket tovább lehet üzemeltetni anélkül, hogy javításokat, erősítéseket hajtsanak végre rajtuk.

Kőolajtermékekkel átítatott kohéziós talajok esetében, a talaj agresszivitása elhanyagolható, nincs szükség a talaj eltávolítására, tehát talajcserére.

A mész használata kohéziós talajok esetében különböző technológiákon keresztül egy ajánlható, egyszerű környezetbarát módszer a talajszilárdság növelése szempontjából.

Felhasznált irodalom

- [1.] Vasziljev, N.M.: Vlijanic nefteproduktov na procsnoszti betona. Beton i zselezobeton 3-1981.
- [2.] Medvedev, V.M.: Vlijanic mineralnik maszel na procsnosztibeton i szceplenic evo sz armaturuj. Szbornik T.I.N.I. 1964.
- [3.] Vasziljev, N.M.: Vlijanic mineralnik maszel na szceplenic armaturi betonom. Beton i zselezobeton Nr. 1/1969.
- [4.] Vasziljev, N.M.: Sznizsenic maszlopronicaenoszti betona. Beton i zselezobeton 11/1981.
- [5.] Levcsanovszkij, G.N.: Ikreplenije gruntov izvesztju. Moszkva-Transzpört 1977.
- [6.] Mihalik, András: Mecanica pământurilor în practica consolidării terasamentelor. Editura Gloria Cluj-Napoca 2003.

Gerinclemezes tartók igénybevétele koncentrált erőkre az Eurocode 3 szerint

Steel Plate Girders Resistance to Transverse Concentrated Forces According to Eurocode 3

Dr. Moga Petru¹, Dr. Köllő Gábor¹, Guțiu Ștefan²

¹professzor, ²adjunktus
Kolozsvári Műszaki Egyetem

Abstract

This paper presents the resistance evaluation procedure of the steel plate web subjected to forces applied through a flange, according to Eurocode 3. The working example also given here facilitates the practical design methodology used for steel structure members.

Összefoglalás

Ebben a tanulmányban bemutatjuk a gerinclemezes tartók határállapotban való igénybevételát koncentrált, az övek által átadott erővel való terhelés esetén.

A számpélda a jelen tanulmányban megkönnyíti a számítási módszer jobb megértését; jellemezvén egy más megközelítést azzal a szemlélettel szemben, amivel eddig a méretezésnél találkoztunk.

Kulcsszavak: tömör gerinclemezes tartó/Eurocode 3/ koncentrált erő/ összetett igénybevételek

1. Gerinclemezes tartók igénybevétele a gerinclemez síkjában ható erőkre

Hogy ha egy gerinclemezes tartót koncentrált erővel és nyomatékkal veszünk igénybe, a keresztmetszet a következőképpen ellenőrizzük:

$$0,8\eta_1 + \eta_2 \leq 1,4 \quad (1)$$

ahol

$$\eta_1 = \frac{\sigma_{xsd}}{f_{yd}} = \frac{M_{sd}}{f_{yd}} \leq 1 \quad (2a)$$

$$\eta_2 = \frac{\sigma_{zsd}}{f_{ywd}} = \frac{F_{sd}}{f_{ywd} L_{eff} t_w} \leq 1 \quad (2b)$$

ahol: M_{sd} – Mértékadó nyomaték
 W_{eff} – Keresztmetszeti modulusz
 F_{sd} – Az oldal irányú mértékadó erő
 $F_{yd} = f_y / \gamma_m$ folyási határ
 L_{eff} – tényleges hossz

A tényleges hossz a következő képlettel számolható

$$L_{eff} = \chi_F \cdot l_y \quad (3)$$

ahol

$$\chi_F = \frac{0,5}{\lambda} \leq 1 \quad (4a)$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{l_y t_w f_{yw}}{F_{cr}}} \quad (4b)$$

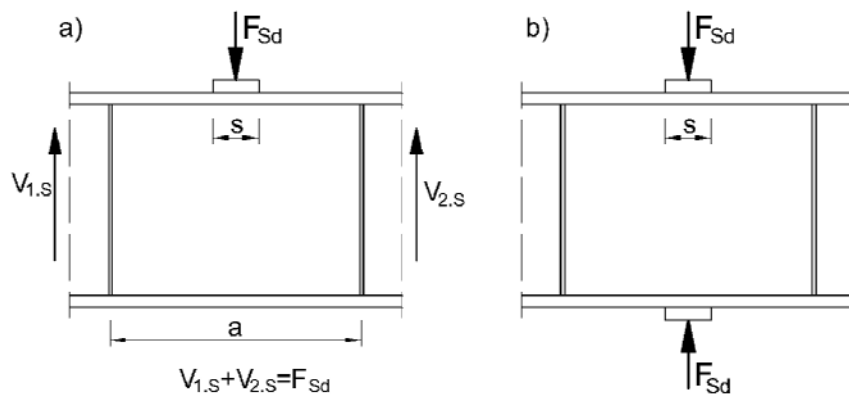
$$F_{cr} = 0,9 k_f E \frac{t_w^3}{h_w} \quad (4c)$$

l_y – tényleges terhelési hossz

A k_f együttható, (függ a terhelés módjától)

$k_f = 6 + 2 \cdot \left(\frac{h_w}{a}\right)^2$ – az erő az övlemezen keresztül hat a gerinclemezekre

$k_f = 3,5 + 2 \cdot \left(\frac{h_w}{a}\right)^2$ – a felső övlemezen keresztül átadva a gerinclemez által az alsó övlemeznek



1. ábra

A tényleges terhelési hossz l_y a következőképpen számoljuk:

$$l_y = s + 2t_f \left(1 + \sqrt{m_1 + m_2}\right) \quad (5)$$

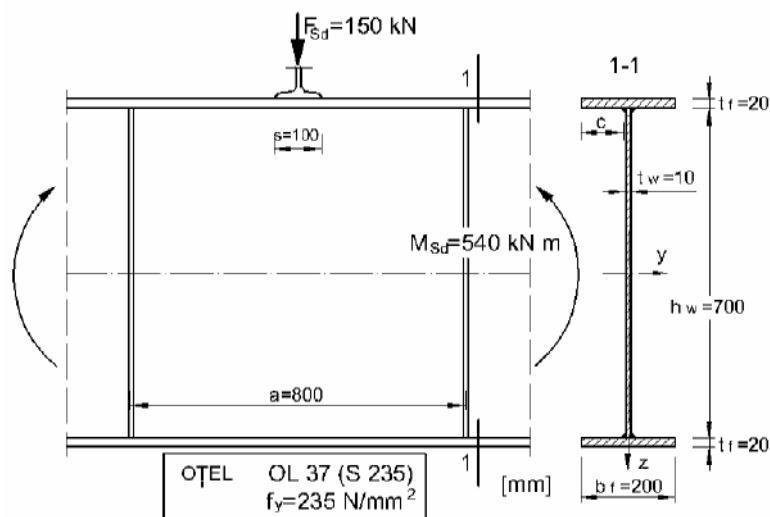
ahol

$$m_1 = \frac{f_{yf} b_f}{f_{yw} t_w} \quad m_2 = \begin{cases} 0,02 \cdot \left(\frac{h_w}{t_w}\right)^2 & \text{ha } \chi_F > 0,5 \\ 0 & \text{ha } \chi_F \leq 0,5 \end{cases}$$

2. Számpélda

Ellenőrizzük a 2-es ábrán látható keresztmetszetet

A tartót egy $F_{sd}=150$ kN erő é $M_{sd}=560$ kNm forgató nyomaték terheli



2. ábra

A keresztmetszet jellemzői:

$$I_y = 132\,283 \text{ cm}^4$$

A keresztmetszet besorolása

$$\text{Övlemez } \frac{c}{t_f} = \frac{90}{20} = 4,5 < 9\varepsilon = 9$$

$$\text{Gerinclemez } \frac{d}{t_w} = \frac{700}{10} = 70 < 72\varepsilon = 72$$

első osztályú keresztmetszet

Következik, hogy a valódi bruttó keresztmetszettel számoljunk

$$(A_{\text{eff}} = A_g; W_{\text{eff}} = W_g)$$

$$W_{\text{eff}} = W_g = \frac{I_y}{37} = 3575 \text{ cm}^3$$

Kiszámítandók a következő számítási elemek

$$k_f = 6 + 2 \left(\frac{70}{80} \right)^2 = 7,53$$

$$F_{cr} = 0,9 \cdot 7,53 \cdot 2,1 \cdot 10^6 \cdot \frac{1^3}{70} = 203\,310 \text{ daN} \quad \text{Rel 4c}$$

$$m_1 = \frac{235 \cdot 20}{235 \cdot 1} = 20$$

$$m_2 = 0,02 \left(\frac{70}{1} \right)^2 = 98$$

$$l_y = 10 + 2 \cdot 2 \left(1 + \sqrt{20 + 98} \right) = 57 \text{ cm} \quad (5)$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{57 \cdot 1 \cdot 2350}{203310}} = 0,81 \quad (4b)$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{0,81} = 0,62$$

Következik a tényleges szilárdsági hossz

$$L_{eff} = 0,62 \cdot 57 = 35 \text{ cm}$$

Meghatározzuk az n_1 n_2 -t

$$\eta_1 = \frac{540 \cdot 10^4}{(2350/1,1) \cdot (132283/35)} = 0,67 < 1 \quad (2a)$$

$$\eta_2 = \frac{15000}{(2350/1,1) \cdot 35 \cdot 1} = 0,20 < 1 \quad (2b)$$

Az 1. összefüggéssel ellenőrizzük a gerinclemez igénybevételét koncentrált erőre és hajlításra

$$0,8 \cdot \eta_1 + \eta_2 = 0,8 \cdot 0,67 + 0,20 = 0,74 < 1,4$$

Következtetés

A tartó gerinclemeze határállapotának az ellenőrzése koncentrált erőre és hajlításra egy olyan összefüggéssel történik, amely figyelembe veszi a tényleges keresztmetszetet a normál feszültségek meghatározásában, és egy tényleges hossz meghatározását ami a koncentrált erő eloszlását illeti. Mivel figyelembe veszik az övlemezek hatását valamint a merevítőlemezek közötti távolságot, a tényleges szilárdsági hossz elég nagynak adódik, amely lehetővé teszi a keresztmetszet nem túl szigorú ellenőrzését, (az üzemi terhek hatására egy bizonyos keresztmetszet esetében).

Könyvészet

- [1] *** Eurocode 3 Part 2, ENV 1993
- [2] *** Proiectarea structurilor metalice de poduri la stări limită. Proiect de standard. U.T. Construcții București, 1998
- [3] Moga, P., Guțiu, Șt.: Poduri metalice – Probleme de stabilitate. U.T. Cluj-Napoca, 2003

A galambfalvi közúti híd újjáépítése

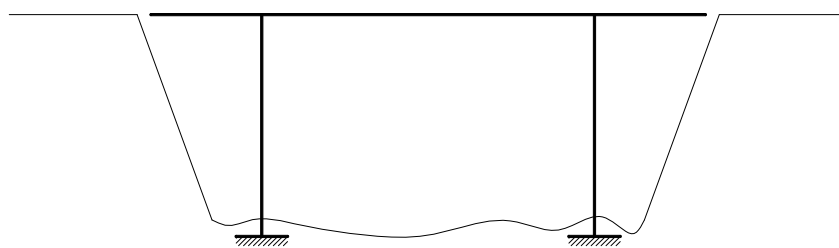
Reconstruction of Porumbeni Road Bridge

Köllő Gábor
Kolozsvári Műszaki Egyetem

Abstract

The paper presents the new Porumbeni road bridge. This bridge was designed as a mixed concrete-steel structure; the metallic structure is made of two girders with closed cross section, with uneven base dimensions. The metallic structure is completely welded. The new bridge replaces the old one destroyed by august 2005 flooding.

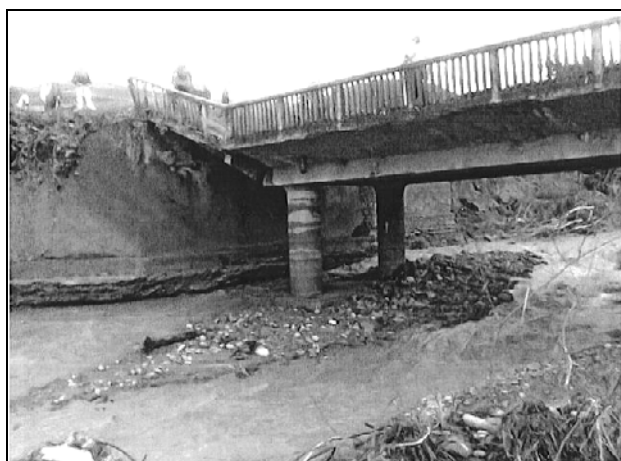
Az augusztus végi Székelyudvarhely környéki hatalmas mennyiségű esőzések olyan árvizet gerjesztettek, amelyek több műtárgyat olyan mértékben rongáltak meg, hogy szükségessé tették ezek teljes átépítését. Egy ilyen műtárgy a galambfalvi híd, amely egy vasbeton kerethíd volt (1. ábra). A Vágás patak, amely nagy sebességű folyóvá dagadt, alámosta az egyik hídpillért, amely több mint 1,00m-t lesüllyedt, tönkretéve így az egész felszerkezetet (2. ábra /a, /b, /c, /d).



1. ábra

A galambfalvi híd szerkezeti sémája (statikai szerkezete)

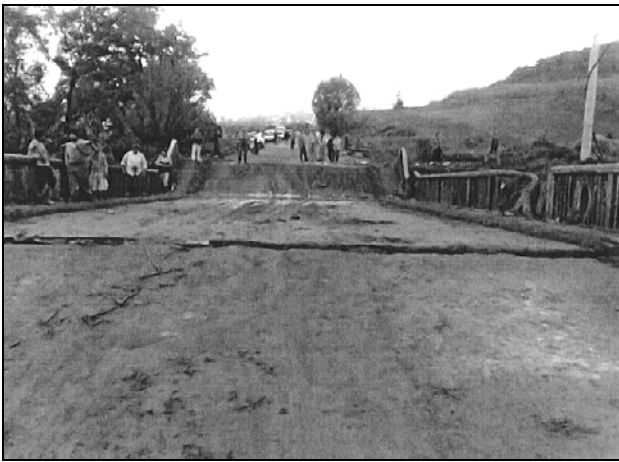
A teljesen tönkrement híd a 137-es megyei úton Székelykeresztúr és Székelyudvarhely között helyezkedik el (13+700 km).



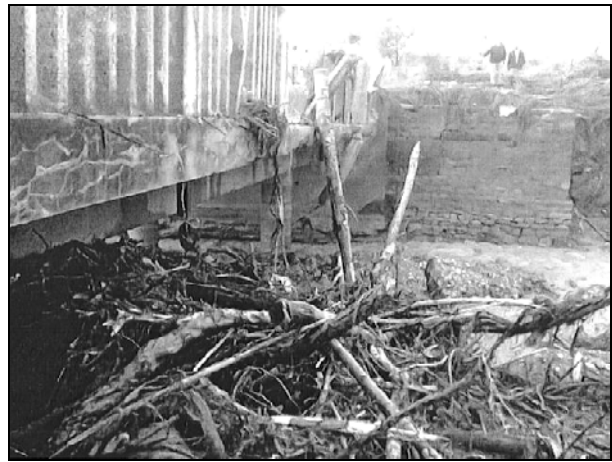
2/a. ábra



2/b. ábra



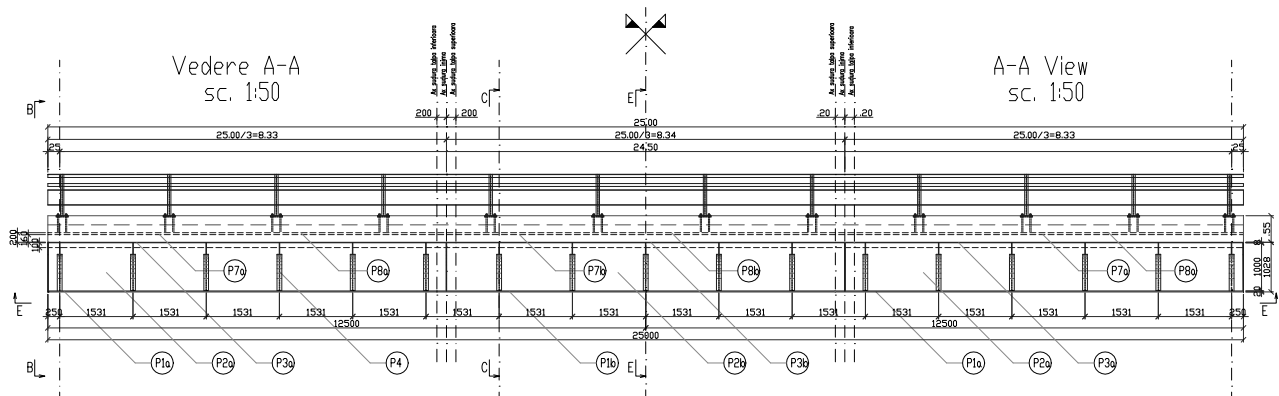
2/c.ábra



2/d.ábra

A híd átépítésénél figyelembe vettük, hogy a munkálatokat nagyon rövid idő alatt kell elvégezni, így a műszaki megoldások olyanok legyenek amelyek a rövid ideig tartó átépítést lehetővé tegyék. Éppen ezért az új hídszerkezetet egy kéttámaszú öszvérhídszerkezetként képzeltem el, megszüntetve a mederben elhelyezett két hídpillért.

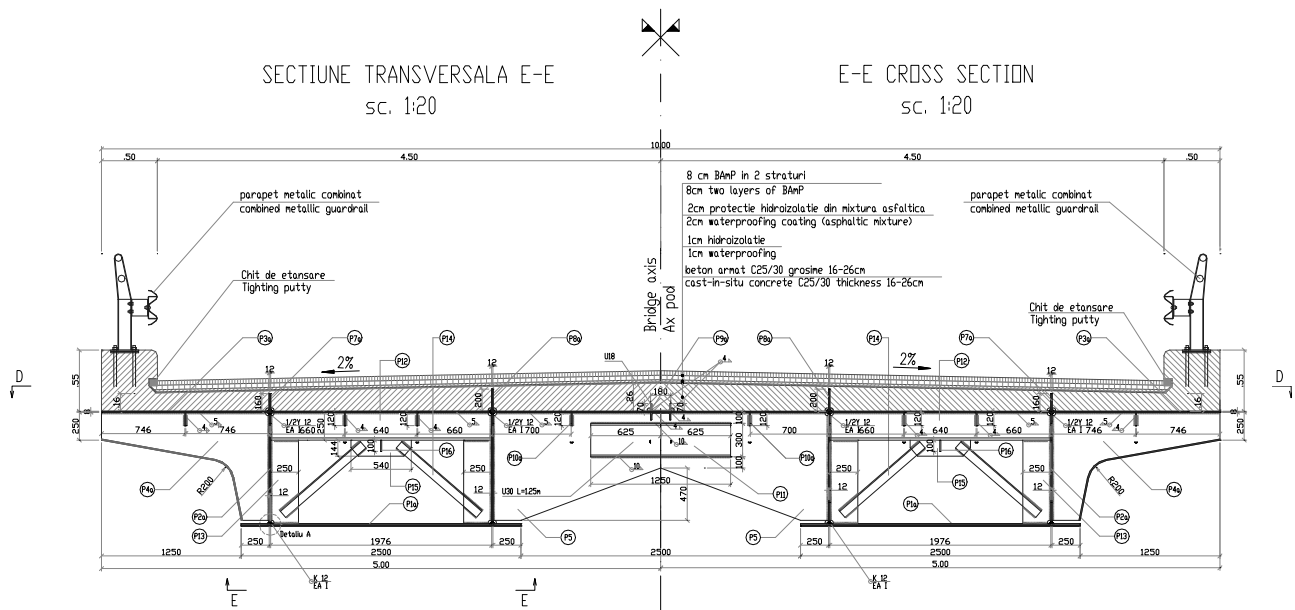
Az új híd hosszmetsetét a 3. ábra mutatja be.



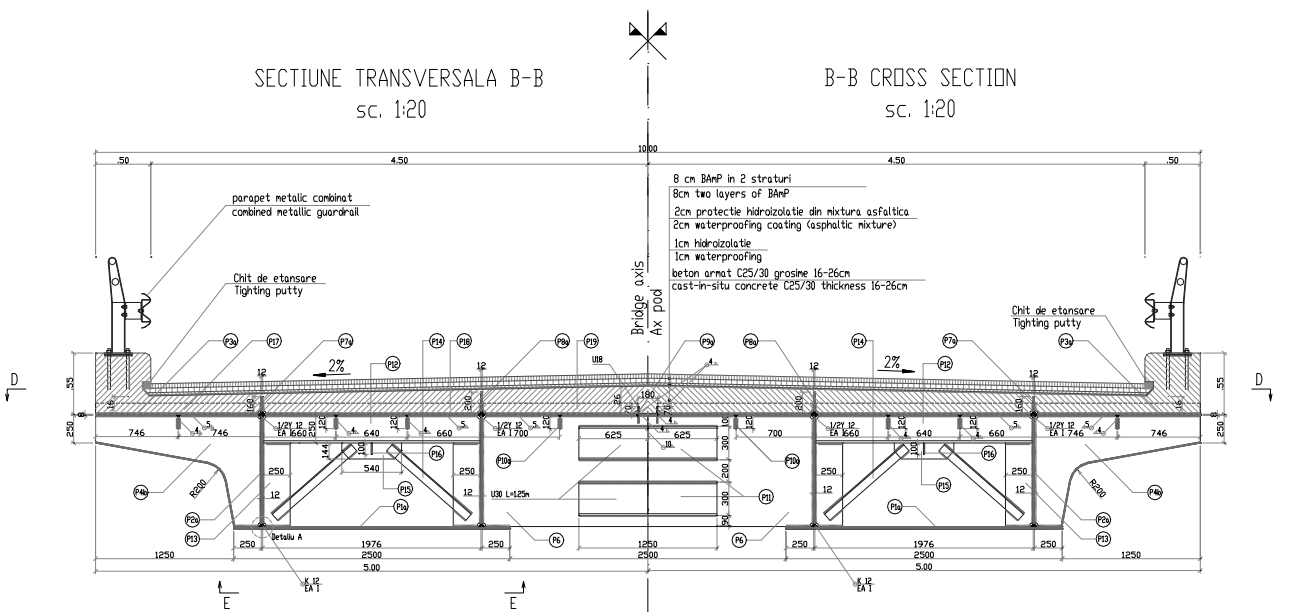
3. ábra

A régi hídszerkezet konzolos kerethíd nyílása 15m, a két konzol pedig 2x5,10m hosszú. Ezt helyettesíti az új, 24,50m nyílású együttműködő (öszvér) hídszerkezet.

Az új hídszerkezet keresztmetsetei a 4. ábrán láthatók (az egyik keresztmetset a híd közepén, a másik a sarok tengelyében).



4/a. ábra



4/b. ábra

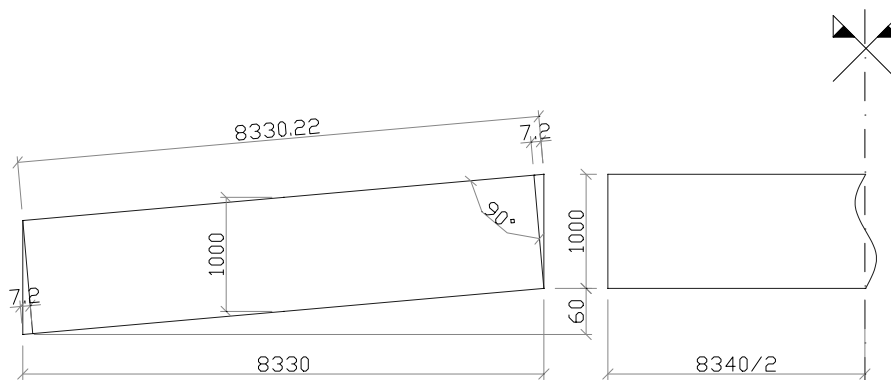
A hídszerkezet két zártkeresztmetszetű öszvértartóból áll. A szekrénytartók alsó és felső övei különböző méretűek, az alsó öv 2.50 m széles és 20mm vastag, míg a felső övlemez 5.00m széles és 8mm vastag. A szekrénytartó gerinclemezei 1.00m magasak és 12mm szélességűek. Az acél szekrénytartók egy változó keresztmetszetű vasbetonlemezrel C25/30 dolgoznak együtt. Az együttműködés megvalósításához folytonos kapcsolóelemeket alkalmaztunk, átlukasztott hosszmerítő lemezeket, amelyeket folytonosan a felső övlemezre hegesztettünk és ezeken keresztül betonvasat vezetünk keresztül.

A tartók szerkezeti magassága $\frac{1}{20}L$ (L a híd nyílása).

A két szekrénytartót a merítő lemezek segítségével kapcsoljuk össze megvalósítva így a hídszerkezetet.

A saruk keresztmetszetében, valamint a középső keresztmetszetben szélrácsokat is alkalmaztunk.

Az acéltartókat három 8330 mm hosszú darabból helyszíni hegesztéssel szereltük össze, majd az így összeszerelt tartókat (≈31 tonna/tartó) két daru segítségével helyeztük a hídfőkre. A tartókat egy 6cm ellenívben helyeztük a hídfőkre az 5.ábra szerint. A betonozás ideje alatt az acélszerkezetet teljes hosszában megtámasztottuk, hogy a beton súlya, valamint az acélszerkezet önsúlya ne ébresszen feszültségeket az acélszerkezetben.



5.ábra

A szerkezet keresztmetszetében ébredő feszültségeket a vasbeton keresztmetszet redukálásának módszerével számítottuk ki. A számításokban az együttdolgozó tartó inhomogén keresztmetszetét az acélra redukált ún. ideális keresztmetszettel kell helyettesíteni. Ennek meghatározása során a beton keresztmetszeti részek geometriai jellemzőit „n” tényezővel csökkentve vesszük figyelembe.

$$n = E_{\text{acél}} / E_{\text{beton}}$$

Az „n” redukáló tényezőt differenciálva kell alkalmazni, figyelembe véve a lassú alakváltozást, valamint a rövid ideig ható terheket és ezek frekvenciáját. (tartós terhek, rövid ideig tartó terhek, fáradást előidéző terhek).

A hidat E (V80, A30) terhelési osztályra méreteztük.

Mivel egy teljes mértékben hegesztett szerkezetről van szó, a következő időszakban egy kísérleti programot dolgozunk ki, amely a hídszerkezet lehajlásait és alakváltozásait méri.

Aljavitási lehetőségek ismertetése, különös tekintettel a hézagnélküli pályák stabilitásának fenntartására

Introduction of Technologies of Repairing Railway Sleepers in Special Respect for the Maintenance of the Stability of Continuously Welded Rail Tracks

Szabó József, Dr. Kazinczy László

BME Építőmérnöki Kar

Abstract

The article outlines the reasons for repairing railway sleepers briefly, and then introduces the technologies of repairing concrete sleepers, especially their technological procedures, fields of application, and their advantages and disadvantages.

As the clamping force of the rail fastenings have declined during the years spent in rail tracks, thus it is necessary to do experimental tests in order to investigate the value of rail fastenings' clamping force.

The proceed of the measuring that is helped by the lag screw pull out tool, is presented, and also its results, which give a possibility to compare the different technologies and to draw other conclusions.

1. Bevezetés

A hézagnélküli vágányok stabilitási sajátosságaiából következik az a tény, hogy a hézagnélküli pályák jó kialakításához és használatához elengedhetetlenül szükségesek a megfelelő erős szorítóhatást eredményező sínleerősítések, valamint a nagy teherbírású aljak alkalmazása. Ennek eléréséhez fejlődésre volt szükség az elmúlt évtizedekben, mely magával hozta a magyar vasútnál korábban egyeduralkodó talpfának, a nagyobb élettartamú és jobb műszaki tulajdonságokkal rendelkező vasbetonaljjal történő felváltását. Ennek köszönhetően jelenleg a magyarországi vasúti pályák körülbelül 75%-a betonaljas és 25%-a talpfás. Természetesen vannak még acél és vasaljas pályaszakaszok is, de azok kiterjedése nem jelentős. A betonaljakat kezdetben csonkagúla alakú fabetéttel, majd hullámos fabetéttel, később pedig műanyag betéttel készítették. Jelenleg a pályákban fekvő betonaljak közül 34% hagyományos csonkagúla alakú fabetétes, 32% hullámos fabetétes, és 34% műanyagbetétes.

A leírt adatokból is jól látszik, hogy jelenleg tehát a vasbeton aljaknak van döntő többségük és szerepük. Mivel Magyarország és a MÁV gazdasági helyzete már évek óta nem engedi meg, hogy az elhasználódott, rosszabb állapotban lévő szerkezeteket minden esetben cserével váltsák ki, így nagyobb a pályán történő javítások, és a megelőző karbantartások hangsúlya. Ehhez társul az a tény, miszerint a vasúti szakemberek megállapították, hogy a vasbetonalj kicsiny. Rendszerint a sínleerősítésnél fellépő és viszonylag kis munkával megszüntethető hátrányos tulajdonságainak kijavításával az aljak élettartama a pályában lényegesen meghosszabbítható. Összefoglalva tehát, a magyar vasút jelenlegi gazdasági és műszaki helyzetét tekintve, a meglévő hézagnélküli vágányok sínleerősítés oldaláról történő stabilitásának folyamatos fenntartását az aljavitási módszerek alkalmazásával lehet gazdaságosan és műszaki szempontból is megfelelő módon elvégezni.

A vasbetonaljak szervezett és nagyobb mértékű javítása a MÁV-nál már több mint három évtizeddel ezelőtt kezdődött el. Azóta azonban nemcsak a betonaljak mennyisége növekedett meg nagymértékben, hanem a különféle alj és betét típusok száma is. Ezek gazdaságos javítása eltérő technológiák kidolgozását kívánja meg. Nyilvánvaló, hogy mind műszaki, mind gazdasági szempontból a pályában történő javítás a legelőnyösebb, hisz ebben az esetben nem bontják meg a pályát és az ágyazatot, ezáltal nem veszélyeztetik a vágány keretmerevségét, valamint elmaradnak a rakodási és szállítási költségek is. Ennek köszönhetően a pályafenntartási szakemberek figyelme is egyre inkább a pályában történő javítások lehetőségeinek bővítésére irányul, így ez a cikk is ezekkel foglalkozik kiemelten.

2. A betonaljak pályában történő javítására használt módszerek Magyarországon

2.1. A betétcsere elkerülése céljából kifejlesztett aljjavítási módok

2.1.1 Traversan eljárás, a síncsavar-furatok javítása műgyantával

Ezt a technológiát napjainkban már nem használják, de említése fontos, mert hosszú időn át ez volt az egyik kiváló aljjavítási lehetőség, és számos olyan betonalj fekszik még a vasúti pályákban, melyeket ezzel a módszerrel javítottak.

Az eljárás lényege, hogy a talpfák, illetve betonaljak elhasználódott furatait kibővítették, majd a lyukakba acél feszítőbetét elhelyezése után műgyantát öntöttek, mely a síncsavarok feszes állapotig történő behajtása után 15-20 perccel megkeményedett.

Előnye, hogy a munkát könnyű, kis gépekkel el lehetett végezni.

Hátránya, hogy a technológiai folyamat hőmérséklethez kötött volt, így a művelet több időt igényelt, valamint a műgyanta ridegségéből eredően a síncsavar lefogása merevre adódott.

2.1.2 Vortok eljárás, aljjavítás javítóspirál alkalmazásával

Az eljárás lényege az, hogy a csavarlyukak felfúrása nélkül, segédeszköz közvetítésével az alátétlemez furatán keresztül a meglévő csavarmentbe hajtanak be alumíniumspirált, és ebbe a spirálba síncsavart. A módszer azon alapul, hogy a Vortok spirál kisebb belső átmérővel rendelkezik, mint a síncsavar magátmérője. Visszacsavarásnál a síncsavar menete belefekszik a spirál menetébe. Ezáltal a spirál megfeszül, és a menet külső oldala a még jól tartó fabetét egészséges részébe benyomódik, ezzel biztosít egy erős kapcsolatot anélkül, hogy a spirál a betonljat a behajtáskor szétfeszítené.

Előnye, hogy gyors, gépesíthető és hatékony módszer, melynek segítségével nagyobb haladást lehet elérni a javítási munkáknál. Emellett jelenti egy erős, ugyanakkor rugalmas kapcsolat létrejöttét is, ami megfelelő nyomtáv-tartást eredményez egyrészt a nagy függőleges leszorító-erőnek, másrészt a spirál fabetét palástjába történő beágyazódásának köszönhetően, hisz a csavar mozgási lehetősége a betétben teljesen megszüntethető.

Hátránya, hogy az LM és LI jelű vékony műanyag betétes vasbeton aljak esetén a Vortok spirált tilos alkalmazni.

2.1.3 SIDER eljárás síncsavar furatok javítására

Az eljárás lényege, hogy a meglazult síncsavart eltávolítják, a furatot kissé nagyobb átmérőjű fúróval átfúrják, majd a furatba egy facsapot ragasztanak be, és ebbe a facsapba hajtják be az új csavart. Ez a módszer alkalmazható faaljak, valamint csonkagúla alakú fabetéttel rendelkező vasbetonaljak síncsavaros és szétválasztott leerősítéseinek javítására.

Előnye, hogy gazdaságos, nem nagyon függ a fabetét állapotától, nincs nagy élőmunka igény.

Hátránya, hogy a ragasztás időigényes, körülményes és egészségre ártalmas munkafolyamat.

2.2. Betétcsere alkalmazásával történő aljjavítási módszerek

A vasbeton aljak fabetétei az idő múlásának hatására már tömegesen mennek tönkre korhadás következtében. Ennek a korhadásnak köszönhetően már nem biztosítható megfelelően a nyomtáv, valamint a hézag nélküli vágányok stabilitása is csökken. Sok esetben a fabetétek állapota már nem teszi lehetővé a betétcsere elkerülése céljából kifejlesztett más aljjavítási módok alkalmazását, ezért az idő előrehaladtával a betétcsere megoldására is több alternatíva és technológia született.

2.2.1 Betonljak csonkagúla alakú fabetéteinek pályában történő cseréje

Az eljárás lényege, hogy a leszorító hatást már nem biztosító síncsavarokat eltávolítják, az alátétlemezt eltolják, majd különböző célszerszámokkal az elkorhadt fabetétet széttroncsolják és kiszedik az üregéből. A kitisztított fészekbe azután két részből álló csonkagúla alakú fabetétet feszítenek be felülről, és ebbe erősítik be a síncsavarokat.

Előnye, hogy a pályában fekvő ép vasbeton aljakat nem kell kicserélni.

Hátránya, hogy a fabetét eltávolítása körülményes és hosszadalmas.

2.2.2 Vasbetonaljak mentes műanyagbetét bebetonozásával történő javítása

Az eljárás lényege, hogy a tönkrement fabetétek eltávolítása után félaljaként 2-2 darab átalakított mentes műanyagbetétet betonoznak be az aljba. A megfelelő szilárdság elérése után a GEO leerősítésű aljakat KL jelű, míg a nyíltlemezes leerősítésű aljakat H jelű síncsavarral kötik le, az eredeti alátétlemez felhasználásával.

Előnye, hogy nem kell aljcsereét végezni.

Hátránya, hogy a munkafolyamat a betonozás miatt körülményes és hosszadalmas.

2.2.3 Betonalkak csonkagúla alakú fabetéteinek csonkagúla alakú, három részből álló műanyagbetétre történő cseréje

A három darabból álló, csonkagúla alakú műanyagbetétes rendszer használata egyesíti az imént említett két korábbi módszer előnyeit, eszerint használatával a pályában fekvő betonalkak gyorsan és hatékonyan javíthatóak. Az eljárás lényege, hogy a leszorító hatást már nem biztosító síncsavarokat eltávolítják, az alátétlemezt eltolják, majd különböző célszerszámokkal az elkorhadt fabetétet szétroncsolják és kiszedik az üregéből. A kitisztított fészekbe azután három részből álló csonkagúla alakú műanyagbetétet helyeznek be felülről, és ebbe erősítik be a síncsavart.

Előnye, hogy az összeszerelt és javított betérendszer a későbbiekben a síncsavar kicsavarása után felülről újból javítható, valamint az, hogy elmarad a ragasztó vagy műgyanta használata, tehát nincs idővesztés kötésidők miatt.

Hátránya, hogy a fabetét eltávolítása körülményes és hosszadalmas.

2.2.4 Betonalkak csonkagúla alakú fabetéteinek csonkagúla alakú, két részből álló műanyagbetétre történő cseréje

Az előbb bemutatott, két fél-darabból és a közéjük becsavarható menetes műanyagbetétből álló betérendszer helyett, két darabból álló, egymásba illeszkedő és ugyanakkor felülről beszerelhető betérendszer fejlesztene ki.

Az eljárás lényege, hogy a leszorító hatást már nem biztosító síncsavarokat eltávolítják, az alátétlemezt eltolják, majd különböző célszerszámokkal az elkorhadt fabetétet szétroncsolják és kiszedik az üregéből. A kitisztított fészekbe azután két részből álló csonkagúla alakú műanyagbetétet helyeznek be felülről, és ebbe erősítik be a síncsavart.

A megoldás előnye, hogy a két darabból álló betétet rendkívül egyszerűen és könnyen, ugyanakkor szinte hibátlanul lehet az alj kitisztított fészekébe elhelyezni, tévedés, vagy rossz összeállítás lehetősége kizárt. További pozitívum, hogy nem szükséges ragasztó vagy műgyanta használata, így nincs kötésidőből keletkező idővesztés.

Hátránya, hogy a fabetét eltávolítása körülményes és hosszadalmas.

2.2.5 Betonalkakban lévő hullámos fabetétek cseréje

Az eljárás lényege, hogy a leszorító hatást már nem biztosító síncsavarokat eltávolítják, az alátétlemezt eltolják, majd különböző célszerszámokkal az elkorhadt hullámos fabetétet szétroncsolják és kiszedik az üregéből. A kitisztított fészekbe azután két részből álló hullámos műanyag betétet (régebben hullámos fabetétet) helyeznek be felülről, és ebbe erősítik be a síncsavarokat.

A kialakítás előnye, hogy az L és LX jelű ép betonalkak cseréje elkerülhető.

A megoldás hátránya, hogy viszonylag nagy az idő és élőmunka igénye.

2.2.6 Síngleerősítések menetes műanyagbetét beépítésével történő javítása

Az eljárás lényege, hogy a leszorító hatást már nem biztosító laza, forgós síncsavarokat eltávolítják, majd az alátétlemez furatát sablonként használva a síncsavarok furatait 26 mm-es átmérőjű fúróval felfúrják, és a korhadt réteget eltávolítják. Az alátétlemez eltolása után a felfúrt furatban elkészítik a kívül-belül menetes műanyagbetét befogadására alkalmas menetes-kúpos kialakítást, ezután a furatot és a műanyagbetét külső felületét bekenik ragasztóval, majd ezt követően behajtják a műanyagbetétet, és végül összeszerelik a felújított síngleerősítést.

Az eljárás alkalmazható faaljak, váltó- és hídfák, illetve nagyobb méretű fabetéttel rendelkező régebbi típusú (TU, B jelű) vasbeton aljak leerősítéseinek javítására.

Az eljárás előnye, hogy a furat falának terhelhetősége a palástnyomás szempontjából megnő, valamint javításkor nem kell új furatot készíteni, mert az eredeti furatot állítják helyre. Továbbá hasznos az is, hogy az acélból készülő síncsavar és a furat fából lévő fala közé műanyag elem kerül, ami a korróziót és a korhadást csökkenti. Így, ez egy gazdaságos technológia, ami különösen fontos a nagy értékű és nehezen cserélhető kitérőaljak és hídfák javításánál.

Hátránya a munkafolyamat nagy időigénye.

2.2.7 Betonalkak javítási módszer, átlósan felfúrt furatú alátétlemez segítségével

Az eljárás lényege, hogy a T jelű, V síncsavarral lekötött betonalkak korhadt fabetéteinek javítását úgy oldják meg, hogy 4 lyukú alátétlemezek furatait műhelyben átfúrják KL síncsavar átmérőjének megfelelő méretűre, majd a pályában lévő alátétlemezek eltávolítása után a fabetétet is átfúrják nagyobb fúróval, eltávolítva ezzel a fabetét korhadt részeit. Ezután műanyag lemezeket helyeznek az új alátétlemezek alá, majd KL jelű síncsavarokkal lekötik a vágányt. Ez a módszer a T jelű vasbetonalkak 4 darab V síncsavarral lekötött síngleerősítéseinek javítására alkalmas.

Előnye, hogy egyszerű és gyors, valamint kombinálható más aljjavítási módszerekkel, legfőképpen a Vortok spirálos technológiával.

3. A javított aljak síncsavarjainak vizsgálata a kihúzóerők szempontjából

3.1 A vizsgálat menete

Az aljjavítási eljárások mechanikai szempontból történő megítéléséhez elsősorban a sínleerősítések és a keresztaljak közötti kapcsolatot kell megvizsgálni. Mivel a javítási módszerek a sínleerősítések lehorgonyzásának minőségét teszik kedvezőbbé, ezért az igénybevételi vizsgálatok során a síncsavarokra ható kihúzóerők meghatározása válik szükségessé.

A kihúzóerő vizsgálat során arra történik próbálkozás, hogy a síncsavart kihúzzák az alj betétjéből. Ennek eléréséhez a síncsavart egy kezdeti értékről növekvő kihúzóerő, kihúzó terhelés ér, amellyel szemben a csavar és a betét közötti erős kapcsolat ellenállást tanúsít. Mikor a kihúzóerő már meghaladja azt az értéket, ahol a kapcsolat még éppen biztosítani tudja az elmozdulás-mentes ellenállást, akkor a síncsavar a betéthez képest felfelé eltolódik. Természetesen a kapcsolat ellenállása és az eltolódás mértéke összefüggésben állnak egymással, és a mérés során megkapható a leerősítés maximális ellenállásának megfelelő erőérték, és az ehhez tartozó elmozdulás-érték.

Ennek a tartónak az egyik támaszán túl egy hidraulikus emelő található, melynek pumpálásával a felső keresztgerenda a forgáspont körül mereven (200 kN erőig deformáció-mentesen) elfordítható, így a befogó pófák a síncsavart függőlegesen felfelé húzzák. Annak érdekében, hogy a befogó pófák át tudják adni a kihúzóerőt a síncsavaroknak, azaz a befogó szerkezetet megfelelően rá lehessen kötni a csavar fejére, a mérés megkezdése előtt speciális hosszabbított nyakú mérőcsavarokat kell behajtani az aljba. Ezzel gyengül ugyan az eredeti leszorító erő értéke, de a mérés tévedése a biztonság javára történik.

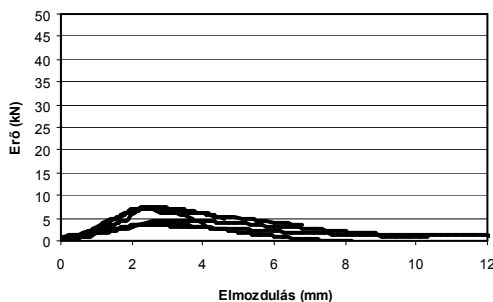


1. kép
A METALELEKTRO Kft. BoltPull
síncsavar kihúzó készüléke

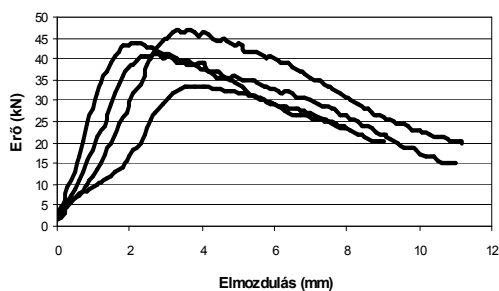
3.2. A vizsgálatok eredményei

Mivel a MÁV-nak érdeke és kötelessége megfelelő figyelmet szentelni a pályák állapotára és minőségére, ezért számos esetben fordult és fordul elő az, hogy a MÁV Rt. Pálya, Híd és Magasépítmenyi Szakigazgatósága, vagy valamelyik osztálymérnöksége megbízást ad ki a kihúzóerő vizsgálatok elvégzésére.

Ez a megbízás történhet egyrészt állapotfelmérés céljából annak kiderítésére, hogy a pályában több éve, vagy évtizede elhelyezett szerkezeti elemek miként képesek eleget tenni az elvárásoknak (valamint ha szükséges, akkor milyen technológiájú javítást célszerű alkalmazni), illetve másrészt történhet pályarekonstrukcióval egybekötve, mikor a munkálatok eredményességének ellenőrzése a cél. Ebből következik, hogy a szakemberek már számos ilyen mérést végeztek a pályákban fekvő különböző típusú aljak, betétek és leerősítések, valamint ezeknek aljjavított változatain. Ezek alapján tehát rendelkezésre áll számos mérési eredmény, melyek a következő 1-3. ábrákon láthatóak. Az ábrák mindegyikében több mérési görbe található együtt, az eredmény jellegének szemléletesebbé tétele céljából.

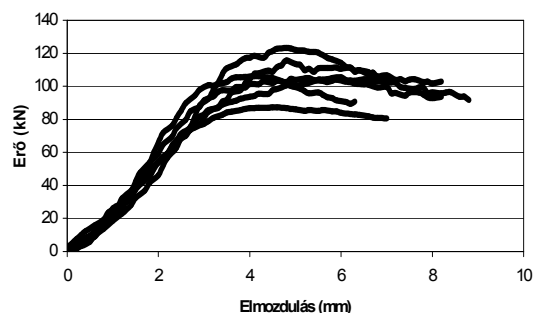


1. ábra
Elhanyagolt pályaszakaszon végzett
kihúzóerő vizsgálatok eredményei



2. ábra

Aljjavított pályaszakaszon végzett kihúzóerő vizsgálatok eredményei



3. ábra

Nagyon jól aljjavított pályaszakaszon végzett kihúzóerő vizsgálatok eredményei

3.3. Az eredményekből levonható következtetések

1. Mindhárom diagramon jól látható, hogy kezdetben a kihúzóerő folyamatosan növekszik, majd egy elmozdulás-érték közelében eléri a maximumot, ezután pedig csökken.

2. Észrevehető, hogy ez a maximum körülbelül 2-6 mm-es elmozdulásnál jön létre, tehát a síncsavar eddig folyamatosan biztosítja az ellenállást, és csak viszonylag nagy elmozdulás elérése után veszíti el azt. Ezzel van összefüggésben a MÁV-nak azon előírása, mely szerint az eredmény akkor elfogadott, ha a kihúzóerő értéke a 8 mm-es elmozdulás elérése előtt éri el a maximumot.

3. Az első diagramon az erőértékek elég alacsonyra adódtak (0-8 kN), ami nagyon rossz kapcsolati összetartásra utal. A második ábrán az erőértékek elérik, és meg is haladják a MÁV által előírt minimum értéket, ami 35 kN, míg a harmadikon található számértékek már kiváló minőségű aljjavítási munka elvégzésére utalnak.

4. Összefoglaló megállapítások

Természetesen az ismertetett különböző aljjavítási technológiák különböző műszaki biztonságot adnak, vannak közöttük jó kapcsolatot biztosító megoldások (a kihúzóerő értéke 35-60 kN), és vannak nagyon erős tartást létrehozó eljárások is (a kihúzóerő értéke 60-130 kN). Fontos azonban tudni, hogy mindegyik eljárás megfelel a MÁV által előírt minimális követelményeknek, mely szerint a kihúzóerő értékének el kell érnie a 35 kN-t. Ennek a kritériumnak való megfelelést a MÁV az új technológia bevezetése előtt ellenőrzi, majd később szűrőpróba-szerűen vizsgálja.

Végezetül érdemes annyit megemlíteni, hogy a magyarországi piacon nagyjából megvan az egyensúly a fent bemutatott, ma használatos aljjavítási módszerek alkalmazása között. Ez azért fontos, mert egyik kialakítás sincs teljes monopolhelyzetben a többihez képest, így a forgalmazó cégeknek törekedni kell a versenyképességre, a tökéletes kialakításra, a jó minőségre, és a megfelelő élettartam biztosítására. Nagyon fontos azonban tisztázni azt, hogy ezeknek a módszereknek nem egymással kell versenyezni, hanem a sokféleséggel kell lehetőséget biztosítani arra, hogy a műszaki vezetők adott esetben ki tudják választani azt a leggazdaságosabb eljárást, mely a betonalj típusának, a betét állapotának, a pálya kihasználtságának és a rendelkezésre álló kisgépeknek figyelembevételével a legmegfelelőbb. Csak így érhető el az, hogy a vasút teljes területén a körülményeknek és elvárásoknak legmegfelelőbben legyenek megoldva az aljjavítási munkálatok.

Irodalomjegyzék

- [1] A Sínek Világa különszám: Betonalj javítási módszerek (Budapest, 1992)
- [2] Megyeri Jenő: Vasútépítéstan (Műegyetemi kiadó, Budapest, 1997)
- [3] Magyar Államvasutak Rt.: Korszerű vasút- korszerű vasúttechnika: Vasútépítés és pályafenntartás I. kötet (MÁV Rt. Vezérgazgatóság, Budapest, 1999)
- [4] A vasúti pályában történő betonalj javítási módszerek elvégzésére és kialakítására vonatkozó szabályok, előírások, technológiai utasítások és leírások

A golyósmalmok görgőinek üzemelési jelenségei

Working Phenomenon of the Crushing Balls in the Mills

Dr. Szócs Katalin, Dr. Szócs István

Kolozsvár

Abstract

The paper presents the influence of the balls made of chromium alloy wear-resistant castings about mills-working phenomenon. There are described wear testing of crashing balls, the connection of the fineness of the structures and of the chemical composition.

Kivonat

A krómmal ötvözött kopásálló vasöntvények tulajdonságainak hatása a malom működésére. Az őrlőgolyók vizsgálata üzemelés után. A szövetszerkezet, a vegyi összetétel és a golyók kopása közti összefüggés. A tápfejezés, a módosítás és a hőkezelés hatása az ütmunkára illetve a kopásra.

Az őrlőgépek működőképességének növelése egyike a gépípar szerkezetét javító törekvéseknek. A gépíparnak egyre nagyobb szívósságú alkatrészekre van szüksége ahhoz, hogy szerkezetét a piaci igényeknek megfelelően tudja igazítani.

Az őrlőgépek közül a golyósmalmok és a hengeres őrlők működőképessége leginkább a kopásálló alkatrészeitől függ. A kopásállóság mellett az alkatrészek szívóssága is nagy szerepet kap.

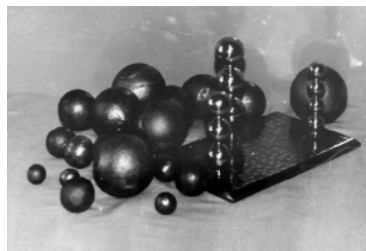
Golyósmalmokkal őrlik meg többek között a cement klinkerét, a kaolint, a földpátot és a színes fémek ércseit.

A kopásálló öntvények között a krómmal ötvözött vasöntvények jelentős helyet foglalnak el. Ezek közül különös szerepet kapnak a 2–3% C és 15–20% Cr tartalmú krómötvözetek, amelyeket a szakirodalom inkább az öntöttvasakhoz sorol be. Nagy széntartalmuk ellenére a többi sajátosságaik alapján inkább az acélhoz hasonlíthatnak. Előállítási módjuk nagy hőmérsékletet igényel akár az acél, zsugorodásuk is az acélra jellemző 2%, valamint nagy szívósságuk révén acélként viselkednek. Ezért az egyik ötvözet neve épp Supersteel.

A tapasztalat azt mutatja, hogy száraz őrlés esetében az ötvözött vasból készült alkatrész körülbelül tízszeresen több ideig használható, mint az acél. A kovácsolt acélból készült őrlőgolyók kopás általi fogyása 200–300 g/t cement, az ötvözött öntött golyók használatánál 30–60 g/t cement. A különböző fémérceket rendszerint vizes közegben őrlik. Nedves őrlésnél az öntött őrlőgolyók körülbelül négyszer többet tartanak, mint azok, amelyek kovácsolt acélból készülnek. Az őrlőgolyók elhasználódásában beletartoznak az eltörött darabok is. A golyósmalmok üzemelésénél a görgők törése nemcsak a termelést csökkenti, hanem a porított anyag minőségét is rontja. A krómos vasak törésre hajlamosak. A megengedett törés az ötvözött golyóknál száraz őrlés esetén 2%, nedves őrlésnél 3%.

A jóval nagyobb kopásállósággal rendelkező öntött őrlőgolyóknak nagy előnye az is, hogy kopással megőrzik gömbölyű alakjukat és az őrlemény granulációja egyenletesen magas minőségű marad. A másik nagy előny, hogy a malom üzemelését nem kell a hosszú időt igénylő üritésre leállítani, hanem csak a golyómennyiséget a kívánt szintig kipótolni. Így az öntött golyókkal dolgozó malmok működési ideje jóval nagyobb lesz, az őrlés sokkal gazdaságosabb, és a porított anyag magasabb minőségű. /1. ábra/

A kovácsolt acélból készült őrlőgolyók elég hamar elveszítik gömbölyű alakjukat, kopással szögletesekké válnak. Ezt folyamatosan jelzi az őrlemény granulációjának növekedése, illetve őrlési minőségének folyamatos csökkenése. A kovácsolt acélból készült golyók használatánál épp egy bizonyos őrlési minőségi szint tartása érdekében kell a malmot leállítani és egész tartalmát kicserélni. Ez nemcsak az őrlemény minőségének csökkenését valamint nagy mennyiségű anyagmozgatást és kisebb termelést jelent, hanem kisebb gazdasági mutatókat is.



1. ábra
Öntött őrlőgolyók

Kutatási eredmények

Korábbi közleményeinkben beszámoltunk a kopásálló ötvözött öntvények területén végzett kutatásainkról. /5, 6, 8, 10, 13, 14, 15/.

A kutatási eredmények alkalmazása során az ötvözetek minőségi jellemzőit és ezzel együtt a gyártási technológiát is az őrlő berendezések méreteihez kellett igazítanunk.

A kopásállóság és az ütőmunka egyaránt fontos jellemzője annak az anyagnak, amelyből a malmok alkatrészei készülnek. A golyósmalmok átmérője 1,2 és 8,0 m között mozog, amely az adott ütőmunkát is érinti. A malom üzemelése közben az őrlőgolyók a kopáson kívül a malom átmérőjének növekedésével egyre nagyobb ütésnek vannak kitéve. A golyók nagyobb mértékű törése rossz irányban befolyásolja az őrlendő anyag granulációját és a malom üzemelését. A tapasztalat szerint a kopás nagyságát inkább az őrlemény SiO_2 tartalma befolyásolja, mely 20–85% között található, az őrlendő anyag természete szerint.

Az öntvény vegyi összetétele és hőkezelési módja meg kell hogy feleljen a golyósmalom átmérőjéből adódó ütőmunka szintjének valamint az őrlemény koptató hatásának. Az ötvözött kopásálló öntvény anyagát kis kén és foszfortartalom jellemzi, valamint 2–2,8% C, 0,2–0,8% Si és Mn, 15–25% Cr valamint esetenként V, Ni, Mo, Ti stb. A megvalósított ütőmunka a krómtartalomtól függően 7–14 J/cm² közé tehető.

Az ötvözetek hőkezelésénél az ausztenitizálást 1000–1050 C-on, a megeresztést 350–400 C-on végeztük, hogy 5%-nál kevesebb legyen a törési hajlamot növelő visszamaradt ausztenit mennyisége.

Bármely vegyi összetétel vagy hőkezelési mód mellett nagy hangsúlyt fektettünk az ötvözés előtti fémfűrdő tisztítására /1, 2, 4, 7, 9/ és az üstben való módosításra. /3, 8, 12/.

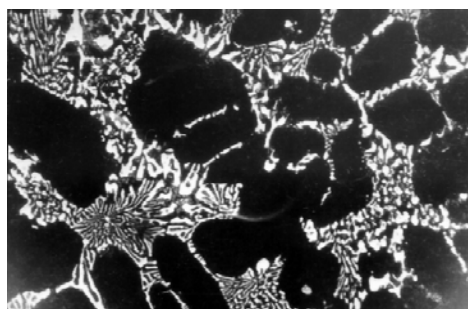
Az ötvözetben található krómkarbidok alakjától és jelenlététől függ a kopásállóság és az ütőmunka nagysága. A $(\text{Fe}, \text{Cr})_3\text{C}$ ortorombikus, keménysége 800–1000 HV. A $(\text{Fe}, \text{Cr})_7\text{C}_3$ hexagonálisan kristályosodik, keménysége 1500–1700 HV. A $(\text{Fe}, \text{Cr})_{23}\text{C}_6$ köbös kristállyal rendelkezik, keménysége 100–1100 Hv. A martenzit keménysége 500–100 Hv, az ausztenit 250–600 Hv. /8, 13, 14/

A mikroszondával végzett kutatások azt igazolták, hogy a króm és széntartalom arányától függ, hogy milyen karbidok találhatók az ötvözetben. Kutatásainkat a Kolozsvári Nehézipari Gépgyárban végeztük. /1, 2, 3, 8, 12/. A kutatási eredmények alapján több új technológiát alkalmaztunk. A továbbiakban az alkalmazásnál tapasztalt jelenségekkel foglalkozunk.

Üzemelési eredmények

Az őrlőgolyókat a Kolozsvári Nehézipari Gépgyárban öntöttük és hőkezelésnek vetettük alá. A golyók átmérője 30–120 mm között változott. A különböző granulációs összetételben elhelyezett őrlőgolyókat kipróbáltuk több cementgyártó és ércőrlő üzemben: a Dévai és a Tg. Jiui Cementgyárban, a Medgidiai Agyaggyárban, Nagybányán, Verespatakon, Felsőcsertezsen ércoklására.

A kisebb átmérőjű golyókat 15–16% krómmal, a nagyobbakat 18–20% krómmal ötvöztük. Gondos finomítással, módosítással és hőkezeléssel apró, egyenletes szövetszerkezetű őrlőgolyókat kaptunk. (2., 3. ábra) A hexagonális krómkarbidok jól kivehetők az 3. ábrán. Az eutektikus karbidok alakja kerekded és apró rozettákat alkot. Az ötvözetek ütőmunkája 7–12 J/cm² között található. A rozetták és a mátrix mérete 40–100 µm. A szekundér karbidok mérete 0,07–1,3 µm. Az összes karbid szemcseszám 4500–6700. Ugyancsak a Quantimet-elemzés szerint az összfelületből a karbidok felülete 25–29%. Az ötvözött és hőkezelt öntvénygolyók keménysége 60–65 HRC között változott. Egyazon őrlőgolyó esetében a metszet keménysége a szélektől a középrész felé egyenletesen ugyanazon érték körül maradt. A metszet különböző részein megengedett eltérés a keménységnél nem haladta meg a ± 2 HRC-t. /8/



2. ábra

Mikroszövet, 2% C, 15% Cr, 0,4% Si. 200X

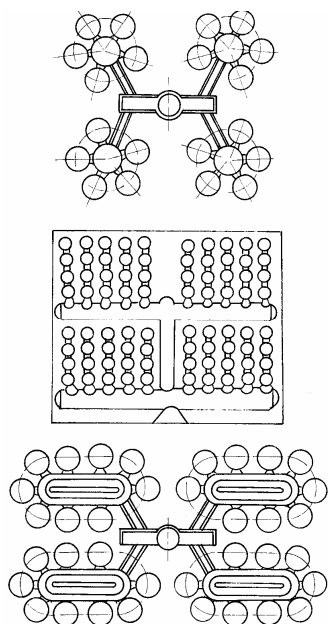


3. ábra

Hatszögű krómkarbidok, Cr_7C_3 , 500X

Az optimális széntartalmat 2,0- 2,5%-nál határoztuk meg. A Si és Mn tartalmat 0,6% alatt tartottuk. A nagy Si és Mn tartalom nagy karbidokhoz vezet, melyek irányítottasága az ötvözet törési hajlamára utal (6. ábra). Szükség esetén a vasat hematittal kezeltük és kéntelenítettük. /1, 2, 4, 7, 9/ Az üstben való módosítást FeB-val végeztük. /3, 8, 12/

Az őrlőgolyók méretének megfelelően 2% húzódnak megfelelő tápfejezéssel láttuk el az öntőmintákat. (4. ábra). A 30–50 mm átmérőjű golyókat soros fűrtökben, a nagyobbakat egyszerű fűrtökben öntöttük. Az öntőminták bentonit alapú nyers keverékbe való öntéshez készültek. A gázhólyagosság elkerülése végett a nyers formázó keveréket minimális nedvességen kell tartani, ahol a $C_{45} = 40-45$ érték között található. Az öntésekhez használt keverék nedvessége 2,3–3%, 10% bentonittartalom és 13% lebegőanyag tartalom mellett. Kiverés után kalapácsütéssel törtük le a golyókat a tápfejről, majd szükség esetén köszörültük és utána hőkezelésnek vetettük alá.



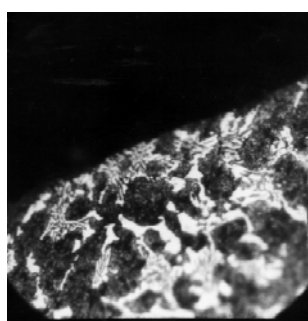
4. ábra

Öntőminták $\phi 30 - \phi 120$ mm átmérőjű
őrlőgolyóknak

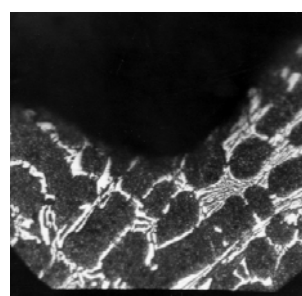
Az alábbi megfigyeléseket a Dévai Cementgyár 4,2 X 2 X 10,75 m malmánál végeztük, 6000 óra őrlés után. Az őrlőgolyók 99%-a egyenesen kopott el. A klinker őrlése nyomán bekövetkezett kopással az őrlőgolyók felülete sima maradt és megőrizték gömbölyű alakjukat. Átmérőjük 0,05–0,1 milliméterrel csökkent.

Az egyenetlen felületű kopást a tribológiai vizsgálatok során laboratóriumban homokkal való koptatásnál kaptuk. /8/.

Az őrlőgolyók fogyása sokkal kisebb volt, mint a nemzetközi piacon megengedett 60 g/t cement kopás. (5. ábra). A Dévai Cementgyár 4,2 m átmérőjű malmánál kapott fogyás 6000 óra működés után 33 g/t cement. A további őrlés során ez a fogyás csökkenő irányú, és 10 000 óra működés után 28 g/t fogyasztásra csökkent le. A 2% megengedett töréssel szemben az őrlőgolyók 0,9%-a törött szét. A töréshez soroltuk a golyók felületi rétegéből levált résznek – pitting – megfelelő mennyiséget is. Az őrlőgolyók fogyásába a törés is be van számítva. A kapott cement granulációját a kiváló minőségnek felelt meg.



a)



b)

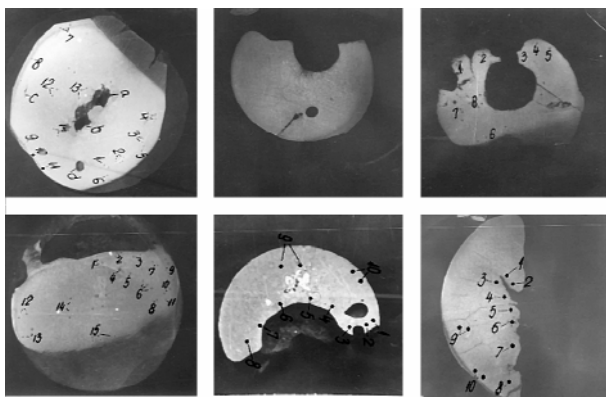
5. ábra

A görgők felülete őrlés után:
a. Egyenes kopás 200X
b. Koptatás homokkal 200X

Elemzés alá vetettük a törésbe sorolt őrlőgolyókat. A törött őrlőgolyók két nagy csoportba oszthatók:

- rejtett öntési üreggel rendelkezők
- zárványokkal rendelkezők

Az első csoportba tartoznak a belső üreggel rendelkező golyók, melyeknél kevesebb a kimondott gáz-hólyagosság és több a zsugorodás miatti szívódási üreg.



6. ábra

Belső üreges őrlőgolyók. 1:1

A 6. ábrán a törött öntvényekből kivett belső üreggel rendelkező golyókat, vagy azok darabjait láthatjuk. A számozott pontokban mért keménységek, HRC:

1 – 63	7 – 64
2 – 64	8 – 64
3 – 65	9 – 63
4 – 64	10 – 63
5 – 63	11 – 64
6 – 64	12 – 63

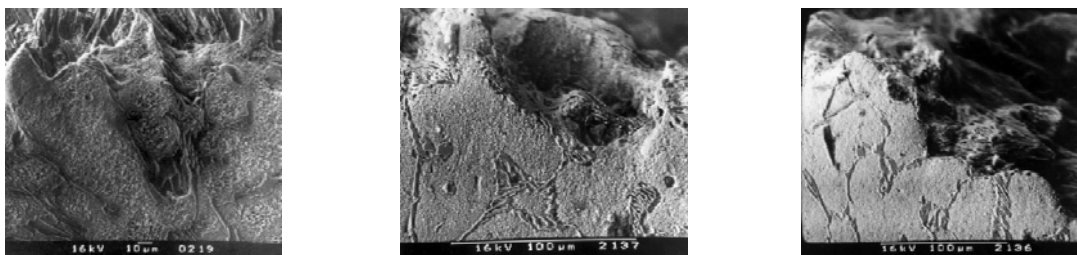
A hőkezelés egyenletességére utal az a tény, hogy egyetlen törött őrlőgolyónál sem kapunk nagyobb eltérést a metszet keménységénél mint 2–3 HRC.

A törött őrlőgolyók belső üregeinél szövetszerkezeti elemzést végeztük. A törés mentén zsugorodási üregek találhatók. Távolabb az öntvény szövetszerkezetében a 2. ábrán látható finom eloszlású primér karbidok és martenzit található, hatszögű krómkarbidokkal.

A törött golyók külső felületének mikroszövege egyenletes kopásra utal. Ugyanakkor az egyenletes kopásból arra is lehet következtetni, hogy törés előtt egy jó ideig a golyók az őrlő munkában is részt vettek.

A második csoportba osztható a törött őrlőgolyók azon része, ahol a törés a felületi zóna réteges leválásával ment végbe. A szakirodalom ezt a jelenséget nevezi pitting-nek. Elektronmikroszkóppal végzett szövetszerkezeti vizsgálatok eredményei alapján a réteges leválás a karbidos eutektikum széleinél történik, az ausztenit kristály mentén. (7. ábra)

A további vizsgálatoknál a lepattogzott részeknél zsugorodási üreget és nemfémcszárványokat találtunk.



7. ábra

A felületi réteg leválása a karbidok szélén. 1000X.

Elektronmikroszkóppal vizsgálva a szekundér karbidokat azt láthattuk, hogy az őrlőgolyók belső szövevényében apró kerekded alakot vesznek fel. A zsugorodási üregek és a nemfémcszárványok mellett a szekundér karbidok hosszú hengeres formát öltenek. (8. ábra). Nagy ütőmunkájú krómos ötvözetben a karbidok alakja kerekded és nem irányított rozettákba tömörül. A hosszúkás és irányított rozettájú karbidokat tartalmazó ötvözetnek alacsony az ütőmunkája.



8. ábra

Szekundér karbidok az elektronmikroszkóp alatt. 28 000X.

Következtetések

Tanulmányunkban áttekintettük a kopásálló krómos ötvények anyagának előállítás módja és üzemelési jelenségei közötti összefüggéseket. Nagy szilárdságú kopásálló alkatrészeket gondos öntési és hőkezelési eljárással lehet előállítani. Fontos a finomított elővas, a tiszta ferrokróm, az ötvözés foka meg kell feleljen az örleménynek és a malom átmérőjének, valamint nagyon fontos az üstben való módosítás. Hőkezeléssel biztosítani kell a martenzit minél teljesebb kialakulását. Megállapítottuk, hogy a martenzites mátrix egyenlően kopik a karbidokkal. A törékeny részt a visszamaradt ausztenit és a karbidok képezik. Gondos hőkezeléssel a visszamaradt ausztenit mennyiségét 5% alá lehet csökkenteni. A karbidok kitörhetnek a martenzites mátrixból. Ebből következik, hogy a karbidok szemcsenagysága, alakja és száma befolyásolja mind az ütőmunkát mind a kopási szilárdságot. A nagy élettartamú alkatrészek primér karbidjai szabályos rozettákba kell, hogy rendeződjenek. Mind a primér mind a szekundér karbidok kerekdedek kell legyenek. Nyers formázó keverékbe való öntésnél nagyobb tápfejezéssel és rávágással kell dolgozni, hogy a zsugorodási üregeket kiküszöböljük. A formázókeverék nedvességét a formázási nyomásnak megfelelően a minimálisan kell tartani. Kísérleteink eredményeképpen olyan kopásálló alkatrészeket állítottunk elő a Kolozsvári Nehézgépgyárban, melyek segítségével a cementmalom örlési ideje körülbelül tízszeresen nőtt, az ércmalom négyszer több ércet örlött egy feltöltéssel, a kvarcörlő henger működési ideje megháromszorozódott.

Irodalom

- [1.] Szócs E., Szócs S. Arderea elementelor din fonta în cuptoare cu inducție cu căptușeală acidă, Metalurgie, București, 28, 1976, nr. 6, 312–315.
- [2.] Szócs E., Szócs S.: Unele considerații privind cinetica arderii carbonului și siliciului în cuptoare cu inducție cu căptușeală acidă, Metalurgia, București, 31, 1980, nr. 12, 660–663.
- [3.] Szócs E.: Contribuții la modificarea fontelor albe. A IX-a Conferință de Turnătorie, Cluj, 1985.
- [4.] Szócs E.: Încercări de purificare a fontei în cuptoare cu inducție cu creuzet. Demanganizare, desiliciere. Metalurgia, București, 40, 1988, nr. 12, 577–580.
- [5.] Szócs E., Szócs S.: Încercările fontelor albe înalt aliate rezistente la uzură. Metalurgia, București, 42, 1990, nr. 4, 185–189.
- [6.] Szócs E., Szócs S.: Uzura abrazivă a bilelor din fontă albă înalt aliată destinate morilor cu bile. Simpozion TRIBOTEHNICA'90, Cluj, 27–29 sept. 1990.
- [7.] Szócs K.: Az öntöttvas finomítása, Kohászat, 127, 1994, nr. 6, 241–243.
- [8.] Szócs K., Szócs I., Márton L., Virág P.: A krómmal ötvözött kopásálló ötvények élettartama, Kohászat, 129, 1996, nr. 4, 137–140.
- [9.] Szócs K.: Vastisztítás indukciós tégelykemencében, Múzeumi Füzetek, Kolozsvár, 1994, nr. 3, 68–72.
- [10.] Szócs K.: Az örlőgépek működőképességének növelése, OGÉT'97, Kolozsvár, 1997. május 23–25. EMT.
- [11.] Szócs K.: Vasfinomítási módszerek minőségi ötvények gyártására. Bányász- Kohász- Földtan Konferencia, Szováta, 1999. február 19–21., EMT.
- [12.] Szócs K.: A felületi feszültség és a fémminőség, Műszaki Szemle, EMT, Kolozsvár, nr. 7–8, 1999, 33–40.
- [13.] Bereza J.M.: Wear and impact resistant white cast irons, The British Foundryman, 74, 1981, 10, 205–211.
- [14.] Röhrig K.: Relation between structure and abrasion resistance of white cast iron, Tribologia e lubrificatione, Vol XII, 1977, 141–150.
- [15.] Dumitrescu C., Albita Gh., Branzan A.: Fonte albe înalt aliate rezistente la uzură. Metalurgia, București, 38, 1986, nr. 10, 509–521.
- [16.] Szócs K.: A fémkristályok alakja, mint minőségi jellemző, Múzeumi Füzetek, Kolozsvár, 2001, nr. 10, 86–100.