

ÉPÍTŐANYAG

A Szilikátipari Tudományos Egyesület lapja

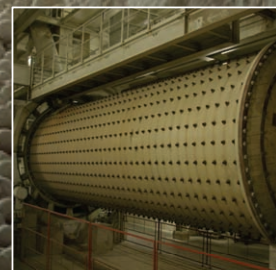
A TARTALOMBÓL:

- A K_{IIc} feszültségintenzitási paraméter kísérleti meghatározása új típusú beton próbatesteken, 2. rész
- A szkandium adalékolás hatása Al-TiN fémmátrixú társított anyagok nyomásmentes szinterelésére
- A réteges szerkezetű kettős hidroxidok szerkezetének és összetételének hatása kromát anionok szorpciós sajátságaira
- A szubmikronos száraz keverőmalmi őrlés lehetőségei és problémái, 1. rész
- San Jose-ból és New Idria-ból (Kalifornia, USA) származó serpentes periodit rétegekibukkanások fizikai-kémiai jellemzői és hőkezelés közbeni viselkedése
- A Közép-Anatóliában található Nigde-Dikilitas régióból származó agyagok vizsgálata FTIR spektroszkópiával



2010/2

Sika – 100 év a beton szolgálatában



Sika – a betonminőség garanciája

Megújuló világunkban lejárt a kísérletezések időszaka. Környezetünk fenntartása érdekében kész megoldásokra van szükség, amelyek garantálják a beton tartósságát és problémamentes használatát.

Megfelelő betonminőséget ma már csak nagy szakértelemmel alkalmazott, kiváló anyagokkal lehet elérni. Megoldásaink erre épülnek, és messzemenően figyelembe veszik a gazdaságosság szempontjait is.



Sika Hungária Kft.

1117 Budapest, Prielle Kornélia u. 6.

Tel.: (+361)3712020 Fax: (+361)3712022

E-mail: info@hu.sika.com, www.sika.hu



Innovation & Consistency | since 1910

TARTALOM

- 34** A K_{IC} feszültségintenzitási paraméter kísérleti meghatározása új típusú beton próbatesteken, 2. rész
FEHÉRVÁRI Sándor ■ GÁLOS Miklós ■ Salem G. NEHME
- 38** Egyesületi és szakhírek
- 39** A szkandium adalékolás hatása Al-TiN fémmátrixú társított anyagok nyomásmentes szinterelésére
Sarthak KHARE ■ Munish SHARMA ■ K. VENKATESWARLU
- 43** A réteges szerkezetű kettős hidroxidok szerkezetének és összetételének hatása kromát anionok szorpciósi sajátságaira
Elenonora BUTENKO ■ Alexey KAPUSTIN
- 45** Serédi Béla 80 éves
- 46** A szubmikronos száraz keverőmalmi őrlés lehetőségei és problémái, 1. rész
RÁCZ Ádám
- 49** Egyesületi és szakhírek
- 50** San Jose-ből és New Idria-ből (Kalifornia, USA) származó serpentin periodit rétegekibukkanások fizikai-kémiai jellemzői és hőkezelés közbeni viselkedése
Nshan ZULUMYAN ■ Anna ISAHAKYAN ■ Hayk BEGLARYAN
- 55** A Közép-Anatóliában található Nigde-Dikilitas régióból származó agyagok vizsgálata FTIR spektroszkópiával
Burhan DAVARCIÖGLU
- 60** A Szilikátipari Tudományos Egyesület XXXIII. Tisztújító Küldöttgyűlése
- 62** Egyesületi és szakhírek

CONTENT

- 34** Determination of K_{IC} stress intensity factor on new shape concrete specimens (Part II)
Sándor FEHÉRVÁRI ■ Miklós GÁLOS ■ Salem G. NEHME
- 38** Society and professional news
- 39** Effect of scandium additions on pressure less sintering of Al-TiN metal matrix composites
Sarthak KHARE ■ Munish SHARMA ■ K. VENKATESWARLU
- 43** Layered double hydroxides structure and composition influence on sorption characteristics relative to chromium anions
Elenonora BUTENKO ■ Alexey KAPUSTIN
- 45** Béla Serédi is 80 years old
- 46** Possibilities and problems of the submicron dry grinding in stirred ball mill (Part I)
Ádám RÁCZ
- 49** Society and professional news
- 50** Physicochemical characteristics and behavior of the serpentinous peridotite outcrops of San Jose and New Idria (California, USA) upon heating treatment
Nshan ZULUMYAN ■ Anna ISAHAKYAN ■ Hayk BEGLARYAN
- 55** Investigation of Central Anatolian region Nigde-Dikilitas (Turkey) clays by FTIR spectroscopy
Burhan DAVARCIÖGLU
- 60** XXXIII. meeting of the delegates of the Scientific Society of the Silicate Industry
- 62** Society and professional news

A finomkerámia-, üveg-, cement-, mész-, beton-, téglá- és cserép-, kő- és kavics-, tűzállóanyag-, szigetelőanyag-iparágak szakmai lapja

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG • EDITORIAL BOARD

Dr. GÖMZE A. László – elnök/president
TÓTH-ASZTALOS Réka – főszerkesztő/editor-in-chief
Prof. dr. TALABÉR József – örökös tiszteletbeli elnök/
senior president
WOJNÁROVITSNÉ dr. HRAPKA Ilona – örökös
tiszteletbeli felelős szerkesztő/senior editor-in-chief

ROVATVEZETŐK • COLUMNISTS

Anyagtudomány • Materials science –
Prof. Dr. SZÉPVÖLGYI János
Anyagtechnológia • Materials technology – Dr. KOVÁCS Kristóf
Környezetvédelem • Environmental protection –
Prof. Dr. CSÓKE Barnabás
Energiaüzemeltetés • Energetics – Prof. Dr. SZÚCS István
Építőanyag-ipar • Building materials industry –
Prof. Dr. TAMÁS Ferenc

TAGOK • MEMBERS

Prof. Dr. Parvin ALIZADEH, APAGYI Zsolt,
Prof. Dr. BALÁZS György, Dr. BOKSAY Zoltán,
Prof. Dr. David HUI, Prof. Dr. GÁLOS Miklós,
Prof. Dr. Kozo ISHIZAKI, Dr. JÓZSA Zsuzsanna,
Prof. Dr. KAUSAY Tibor, KÁRPÁTI László,
Prof. Dr. Sergey N. KULKOV, MATTYASOVSKY
ZSOLNAY Eszter, Prof. Dr. OPOCZKY Ludmilla,
Dr. PÁLVÖLGYI Tamás, Dr. RÁCZ Attila,
Dr. RÉVAY Miklós, Prof. Dr. Tomasz SADOWSKI,
SCHLEIFFER Ervin

TANÁCSADÓ TESTÜLET • ADVISORY BOARD

Dr. BERÉNYI Ferenc, FINTA Ferenc, KATÓ Aladár,
KISS Róbert, KOVÁCS József, Dr. MIZSER János,
SÁPI Lajos, SOÓS Tibor, SZARKÁNDI János

A folyóiratot referálja: Cambridge Scientific Abstracts,
ProQuest.

A szakmai rovatokban lektorált cikkek jelennek meg.

Kiadja a Szilikátipari Tudományos Egyesület

1027 Budapest, Fő u. 68.

Telefon és fax: 06-1/201-9360

E-mail: info@szte.org.hu

Felelős kiadó: Dr. SZÉPVÖLGYI János SZTE ELNÖK

Egy szám ára: 1000 Ft

A lap az SZTE tagok számára ingyenes.

A 2010. évi megjelenést támogatja:

„Az Építés Fejlődéséért” alapítvány

Nyomdai munkák: Sz & Sz Kft.

Tördelőszerkesztő: NÉMETH Hajnalka

Belföldi terjesztés: SZTE

Külföldi terjesztés: BATHYANY KULTUR-PRESS KFT.

HIRDETÉSI ÁRAK 2010:

B2 borító színes	139 000 Ft + ÁFA
B3 borító színes	128 000 Ft + ÁFA
B4 borító színes	150 000 Ft + ÁFA
1/1 oldal színes	105 000 Ft + ÁFA
1/1 oldal fekete-fehér	58 000 Ft + ÁFA
1/2 oldal fekete-fehér	29 000 Ft + ÁFA

Az előfizetési és hirdetési megrendelő letölthető az SZTE honlapjáról.

A lap teljes tartalma olvasható a www.szte.org.hu honlapon.
HU ISSN 00 13-970x INDEX: 2 52 50 ■ 62 (2010) 33-64

A SZILIKÁTIPARI TUDOMÁNYOS EGYESÜLET

TÁMOGATÓ TAGVÁLLALATI

3B Hungária Kft. ■ Air Liquide Kft. ■ Altek Kft. ■ Anzo Kft.
Baranya Téglá Kft. ■ Basalt Középkő Kőbányák Kft.
Berényi Téglai Kft. ■ Betonopus Bt. ■ Budai Téglá Zrt.
Cemkut Kft. ■ Colas-Északkó Kft.
Complexlab Kft. ■ Deco-Mat Kft.
Duna-Dráva Cement Kft. ■ G&B Elastomer Trade Kft.
Gamma-Kerámia Kft. ■ GE Hungary Kft. ■ Geoteam Kft.
Hunext Kft. ■ Imerys Magyarország Tűzállóanyaggyártó Kft.
Interkerám Kft. ■ Keramikum Kft. ■ KK Kavics Beton Kft.
KŐKA Kő- és Kavicsbányászati Kft. ■ Kötés Kft.
KTI Nonprofit Kft. ■ Kvarc-Ásvány Kft.
Lambda Systeme Kft. ■ Libál Lajos ■ Licht-Tech Kft.
Magyar Téglás Szövetség ■ Mályi Téglá Kft.
Messer Hungarogáz Kft. ■ MFL Hungária Kft.
Mineralholding Co. Ltd.
MTA KK Anyag- és Környezetkémiai Intézet
Nagykarizsa Téglagyár Kft. ■ OMYA Hungária Kft.
Pannon-Perlit Kft. ■ Perlit-92 Kft.
Saint-Gobain Construction Products Hungary Kft.
Szema-Makó Kft. ■ SZIKKTI Labor Kft.
Tégla- és Cserépipari Szolgáltató Kft. ■ Wienerberger Zrt.
WITEG Kőporc Kft. ■ Xella Magyarország Kft.
Zalakerámia Zrt. ■ Zsolnay Porcelánmanufaktúra Zrt.

A K_{IIC} feszültségintenzitási paraméter kísérleti meghatározása új típusú beton próbatesteken, 2. rész

FEHÉRVÁRI SÁNDOR • DE Műszaki Kar Építőmérnöki Tanszék • Fehervari.Sandor@t-online.hu

GÁLOS MIKLÓS • BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék • mgalos@freemail.hu

SALEM G. NEHME • BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék • sgnehme@yahoo.com

Beérkezett: 2009.09.22. • Received: 22.09.2009.

Determination of K_{IIC} stress intensity factor on new shape concrete specimens (Part II)

Under load, the number of fissures in concrete or reinforced concrete increases, and such cracks will be the starting points of failure. In order to understand failure of such structures, the analysis of the stress state of crack tips is necessary, which is the subject matter of fracture mechanics. Due to material inhomogeneity and different modular coordination, the fracture analysis of concrete is more complex than the original tests devised for metals. While methods and specimens have been developed for tension failure (type I), the mode of examining shear failure (type II) has not yet been unequivocally established. This paper and its sequels focus on the analysis and test procedures of a new, compact specimen for examining the K_{IIC} strength intensity factor.

Előszó

Az előző lapszámban megjelent, a törésmechanika elméleti hátterét bemutató összefoglalás, valamint a kísérleti program és a próbatestek ismertetése után a cikksorozat második, egyben befolyező részében a K_{IIC} feszültségintenzitási tényező számításához szükséges geometriai függvény meghatározásával, valamint a kísérleti eredmények kiértékelésével foglalkozunk.

5. Feszültségintenzitási tényező meghatározása

A feszültségintenzitási tényező meghatározásának alapképlete a Griffith [1] által javasolt (2) összefüggésből levezetett (3) egyenlet alapján határozható meg [8].

$$K_{Ic} = \sigma \sqrt{\pi c} f\left(\frac{c}{M}\right) \quad i = I, II, III \quad (2)$$

ahol

K_{Ic} – feszültségintenzitási tényező kritikus értéke

σ – a repedéscsúcs környezetében szilárdságtani alapokon számítható feszültség

c – bemetszés mélysége

M – próbatest magassága (geometriai méret a repedésterjedés irányában)

$f\left(\frac{c}{M}\right)$ – geometriai függvény
illetve,

$$K_{Ic} = \sigma \sqrt{c} f\left(\frac{c}{M}\right) \quad (3)$$

ahol

K_{Ic} – feszültségintenzitási tényező kritikus értéke

σ – a repedéscsúcs környezetében szilárdságtani alapokon számítható feszültség

c – bemetszés mélysége

M – próbatest magassága

$f\left(\frac{c}{M}\right)$ – geometriai függvény

A próbatest és a bemetszés méreteinek viszonyát leíró, ún. geometriai függvényt közelítő polinom alakjában (4) szokás kifejezni [8].

Dr. FEHÉRVÁRI Sándor

(1981) okl. építőmérnök (BME 2006), okl. szerkezetépítő betontechnológus szakmérnök (BME 2009), PhD (BME 2009). Adjunktus, Debreceni Egyetem Műszaki Kar Építőmérnöki Tanszékén, a BKV DBR Projekt Igazgatóság projekt menedzsere. Fő érdeklődési területe az alagútútevek természete, leírása és a szerkezetre gyakorolt hatása, speciális mély- és alagútépítés módszerek, szerkezeti- és háttérinjektálás, alagút és mélyépítési szerkezetek építéstechnológiai és utólagos javítási kérdései. Tagja a Magyar Alagútépítő Egyesületnek, a **fib** Magyar Tagozatának, a Közlekedéstudományi Egyesületnek, a Szilvikáipari Tudományos Egyesületnek és az Építéstudományi Egyesületnek.

Dr. GÁLOS Miklós

(1938) okl. építőmérnök (ÉKME 1961), acélszerkezeti szakmérnök (BME 1967), műszaki doktor (BME 1971), műszaki tudományok kandidátusa (MTA 1992), PhD (BME 1997), habilitált doktor (BME 1998). 1961-63 Győri Vagon és Gépgyár szerkesztő mérnök, 1963-78 részlettervező, irányító tervező. szakosztályvezető a VEGYTERV és OLAJTERV építési főosztályain. 1978-tól nyugdíjba vonulásáig a BME Építőmérnöki Karán tudományos főmunkatárs, egyetemi docens, egyetemi tanár. 1992-től a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékén ny. egyetemi tanárként vesz részt a tanszék oktatási, kutatási munkájában. Fő érdeklődési területe a közetek közzetfizikai, közzetmechanikai tulajdonságainak elméleti és kísérleti vizsgálatokkal történő meghatározása, az építési köanyagok minősítése. Magyarországon elsőként foglalkozott a közetek törésmechanikájával, új vizsgálati módszerek bevezetésével. A Szilvikáipari Tudományos Egyesület Kő- és Kavics Szakosztályának elnöke. A Magyarhoni Földtani Társulat és a **fib** Magyar Tagozat tagja.

Dr. Salem Georges NEHME

(1963) okl. építőmérnök (BME 1992), vasbetonépítési szakmérnök (BME 1996), PhD (BME 2005). Egyetemi docens, a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék laborrészteljesítője. Fő érdeklődési területei: Nagyszilárdságú betonokbetonok és habarcsok kutatása. Az öntömörödő betonok tartóssági kérdései és összefüggése a porozítással. Betontechnológia különleges betonok területén, pl. az öntömörödő betonok tömegbetonként való alkalmazása és a felmerülő problémák (hőmérséklet-eloszlás okozta repedések) megszüntetése. Tömegbetonok minőségellenőrzése, látszóbetonok, nehéz adalékanyagokból betonok készítése, a nehézbetonok vizsgálatai, másodlagos (építési -, bontási) építőanyagok újrahasznosítása, vasbeton szerkezetek megerősítése szénlammellával, vasbetonszerkezetek tartóssága. Acélszál-erősítésű vasbeton lemezek átszuródási teherbírásának növelése acélszálakkal. A **fib** Magyar Tagozat és a Szilvikáipari Tudományos Egyesület tagja.

$$f\left(\frac{c}{M}\right) = C_1 + C_2 \left(\frac{c}{M}\right) + C_3 \left(\frac{c}{M}\right)^2 + \dots \quad (4)$$

ahol

c – bemetszés mélysége

M – próbatest magassága

C_i – kísérleti állandó

Kísérletsorozatban alkalmazott próbatestek esetén

Bemetszett, hajlított hasábra Bojtár és társai [23] által kidolgozott összefüggéseket a (5–6) egyenlet tartalmazza.

$$K_{Ic} = \frac{3FL}{2sM^2} \sqrt{\pi c} f\left(\frac{c}{M}\right) \quad (5)$$

$$f\left(\frac{c}{M}\right) = \frac{1,99 - \left(\frac{c}{M}\right) \left(1 - \frac{c}{M}\right) \left(2,15 - 3,93 \left(\frac{c}{M}\right) + 2,70 \left(\frac{c}{M}\right)^2\right)}{\left(1 + 2 \left(\frac{c}{M}\right)\right) \left(1 - \left(\frac{c}{M}\right)\right)^{\frac{3}{2}}} \quad (6)$$

ahol

- F – repedés-terjedéshez szükséges erő
- L – feszítáv
- s – próbatest szélesség
- M – próbatest magassága
- c – bemetszés mélysége
- $f\left(\frac{c}{M}\right)$ – geometriai függvény

Bemetszett, hajlított félbevágott henger esetén alkalmazott összefüggéseket a (7–8) egyenlet tartalmazza [23].

$$K_{IC} = \frac{FL}{R^3} \sqrt{4\pi c} f\left(\frac{c}{R}\right) \quad (7)$$

$$f\left(\frac{c}{R}\right) = 1,52 - 2,20\left(\frac{c}{R}\right) + 7,71\left(\frac{c}{R}\right)^2 - 13,55\left(\frac{c}{R}\right)^3 + 14,25\left(\frac{c}{R}\right)^4 \quad (8)$$

ahol

- F – repedés-terjedéshez szükséges erő
- L – feszítáv
- s – próbatest szélesség
- R – próbatest sugara (magassága)
- c – bemetszés mélysége
- $f\left(\frac{c}{R}\right)$ – geometriai függvény

A félig-félig bevágott próbatestekhez még nem állapítottak meg K_{IC} kiszámításhoz szükséges geometriai paramétereket. Ezért a (9) egyenlet felhasználásával, és Gálos [21] összefüggésének segítségével (10) javasoltunk a próbatestre ható nyomófeszültségek alapján (11), görbe-illesztéssel a geometriai függvényt a kísérleti adatokból (12 és 13), ahol a K_{IC} értékeként a próbatest alakra vonatkozó (5) ill. (7) egyenlet alapján számított eredményt vettük alapul.

$$K_{IC} = \sigma \sqrt{\pi r} f\left(\frac{s}{W}\right) \quad (\text{Griffith, [1] alapján}) \quad (9)$$

$$K_{IC} = 1,15 K_{IC} \quad (\text{Gálos, [21]}) \quad (10)$$

illetve,

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (11)$$

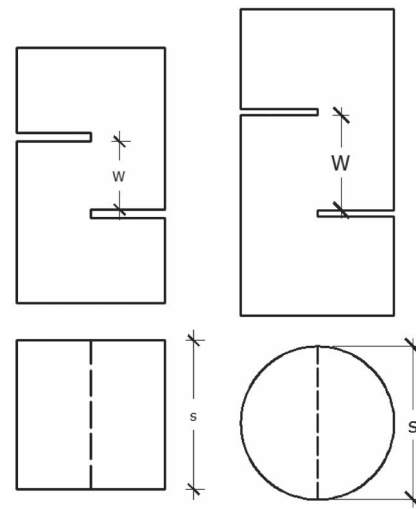
innen,

$$f\left(\frac{s}{W}\right) = \frac{1,15 K_{IC}}{F \sqrt{\pi r}} \quad (12)$$

$$f\left(\frac{s}{W}\right) = C_1 + C_2 \left(\frac{s}{W}\right) + C_3 \left(\frac{s}{W}\right)^2 \quad (13)$$

ahol

- σ – nyomófeszültség
- F – repedés-terjedéshez szükséges erő
- A – erő irányára merőleges keresztmetszeti terület
- r – bemetszés végponti sugara ($\frac{3,7}{2}$ mm)
- W – nyírt szakasz mérete a repedésterjedés irányában (24. ábra szerint)
- s – elnyíródo szakasz mérete a repedésterjedés irányára merőlegesen, próbatest szélessége (24. ábra szerint)
- C_i – kísérleti állandó
- $f\left(\frac{s}{W}\right)$ – geometriai függvény



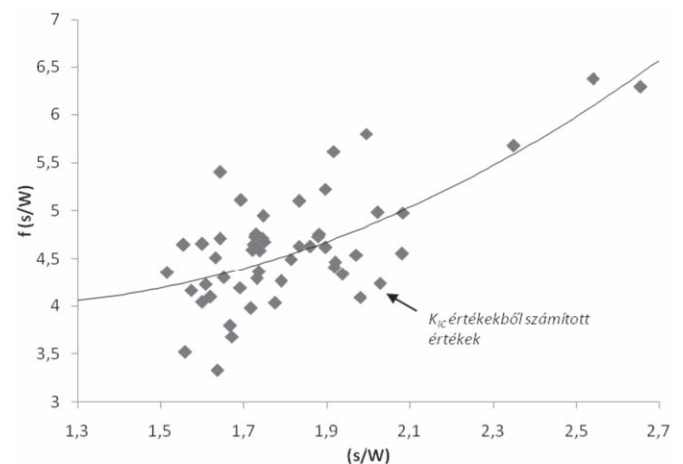
24. ábra K_{IC} meghatározásához használt képletben szereplő méretek értelmezése
Fig 24. Measurements used for determining the formula of K_{IC}

6. Eredmények értékelése

A meghatározott megszilárdult beton szilárdsági és K_{IC} tényezőre vonatkozó elemzésének bemutatása meghaladja jelen cikk terjedelmi korlátait.

A keresett K_{IC} feszültségintenzitási tényező kritikus értékének meghatározásához minden esetben a megegyező próbatest-alakon meghatározott K_{IC} értékeket vettük alapul (hasáb-hasáb, 60 mm átm. henger-60 mm átm. henger stb.)

A (12) egyenlet alapján számított $f\left(\frac{s}{W}\right)$ értékek geometriai paraméterektől, $\left(\frac{s}{W}\right)$, való függését a 25. ábra tartalmazza.



25. ábra Geometriai adatok (s/W) és a közelítő geometriai $f(s/W)$ függvény összefüggése

Fig 25. Coherence of the geometrical data (s/W) and the approximate geometrical function $f(s/W)$

A (13) egyenlet szerinti kvadratikus közelítéssel meghatároztuk a legjobban illeszkedő közelítő függvényt. A közelítés Pearson-féle szorzatmomentum korrelációs együtthatójának négyzete, $R^2 = 0,464$ értékre adódott. Az alkalmazott K_{IC} feszültségintenzitási tényezőt meghatározó összefüggéseket a (14–15) egyenletben adjuk meg.

$$K_{IC} = \sigma \sqrt{\pi r} f\left(\frac{s}{W}\right) \quad (14)$$

$$f\left(\frac{s}{W}\right) = 5,085 - 0,20288\left(\frac{s}{W}\right) + 0,9558\left(\frac{s}{W}\right)^2 \quad (15)$$

ahol

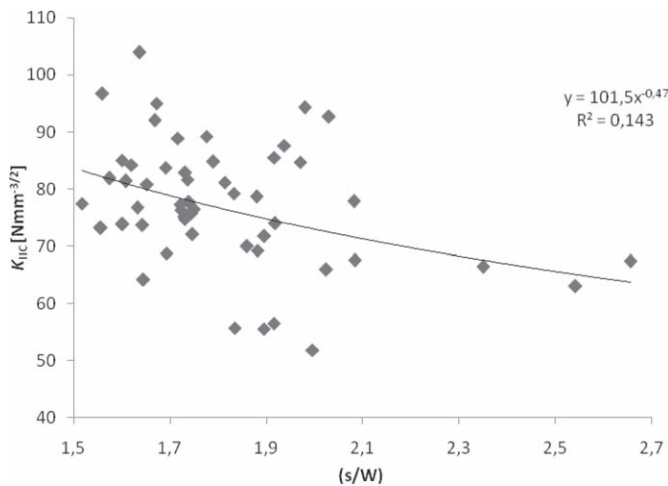
σ – nyomófeszültség

r – bemetszés végponti sugara ($\frac{3,7}{2}$ mm)

W – elnyíródo szakasz mérete a repedésterjedés irányában

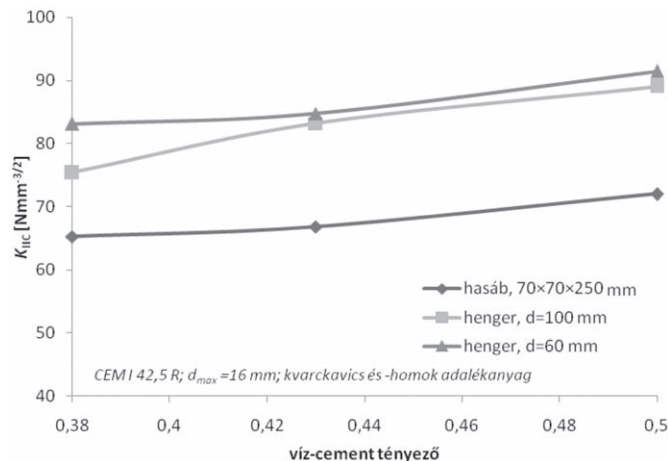
s – elnyíródo szakasz mérete a repedésterjedés irányára merőlegesen

Az ilyen módon kiszámított K_{IIC} feszültségintenzitási tényező geometriai paramétereiktől való függését a 26. ábra foglalja össze. A feszültségintenzitási paraméter értéke a geometriai paraméter, $\left(\frac{s}{W}\right)$, növekedtével csökken.



26. ábra Számított K_{IIC} feszültségintenzitási tényező és a geometriai paraméter (s/W) közötti összefüggés

Fig 26. Coherence of the calculated K_{IIC} stress intensity factor and the geometrical parameter (s/W)



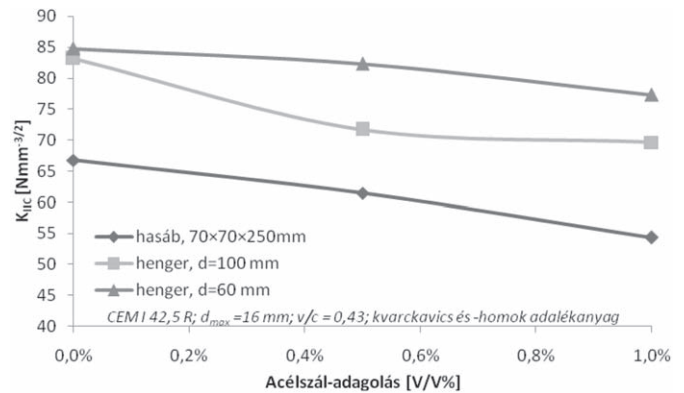
27. ábra A víz-cement tényező hatása a K_{IIC} feszültségintenzitási tényezőre

Fig 27. Effect of the water/cement ration on the K_{IIC} stress intensity factor

A K_{IIC} értékek betontechnológiai paramétereiktől való függésének elemzésének első lépéseként a KI–K3 receptúráknál a változó víz-cement tényezőt a vízadagolás állandó szinten tartása mellett adagolt többlet cementadagolással állítottuk be. Így a víz-cement tényező csökkenésével nőtt a beton péptartalma

($v/c = 0,5$ esetén 286 l/m^3 -ről $v/c = 0,38$ -nál 317 l/m^3 -re nőtt). A péptartalom növekedése miatt a nyíró- és hasító ill. hajlító-húzószilárdsági eredményekben kismértékű csökkenés tapasztalható a víz-cement tényező csökkenésével. Hasonló korrelációt mutatnak pépmennyiség csökkenése és a K_{IIC} tényező értékei is. A 27. ábrán láthatóak szerint alakuló tényezők legnagyobb különbsége mintegy 10%.

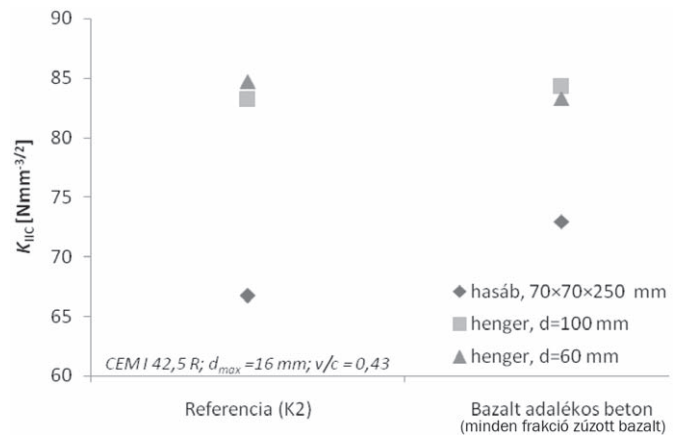
A víz-cement tényező hatása után elemeztük az acélszaladagolás hatását. A száladagolás hatására növekvő légtartalom (tömörítési hiány) miatt az összes szilárdsági vizsgálatnál megfigyeltekhez hasonlóan a száladagolás növekedésével párhuzamosan csökkenő K_{IIC} értékeket mértünk (28. ábra). A csökkenés mértéke a próbatest alakjától függően mintegy 10–20%.



28. ábra Acélszaladagolás hatása a K_{IIC} feszültségintenzitási tényezőre

Fig 28. Effect of the dosage of steel fibre on the K_{IIC} stress intensity factor

Végül a bazalt adagolás hatására a K_{IIC} tényező értéke hengeren vizsgált próbatestek esetén, hibahatáron belüli, $\pm 1\%$ -os differenciát eredményezett, míg hasábon vizsgálva mintegy 10%-os emelkedést tapasztaltunk. Az eredményeket a 29. ábrán foglaltuk össze.

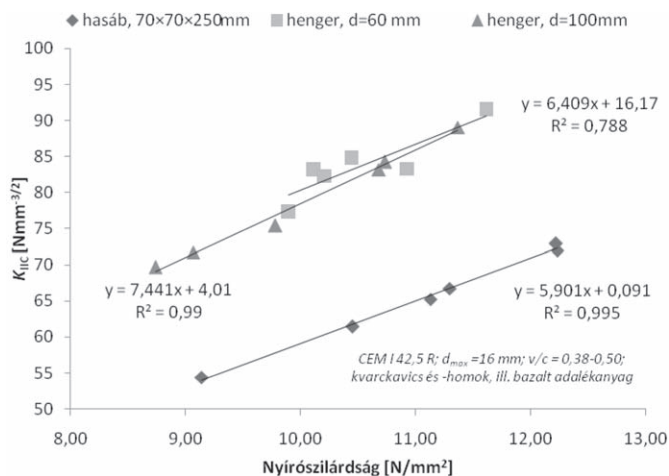


29. ábra Bazalt adagolásának hatása a K_{IIC} feszültségintenzitási tényezőre

Fig 29. Effect of the dosage of basalt on the K_{IIC} stress intensity factor

A feszültségintenzitási tényező meghatározása mellett vizsgáltuk a paraméterek függését a szilárdsági paramétereiktől. A K_{IIC} értékét természetesen a nyírószilárdsági paraméterekkel érdemes összevetni. A próbatesteken számított nyírószilárdság és a K_{IIC} feszültségintenzitási tényező összefüggése rendkívül szoros (30. ábra), holott utóbbi számításánál az elnyíródaskor a teljes keresztmetszetben számítható normálfeszültséget

vettük alapul (12. egyenlet). A vizsgált tartományra érvényes összefüggés alapján, a kedvező korreláció miatt, lehetőség van a nyírószilárdságok alapján a K_{IC} értékére történő becslésre.



30. ábra Nyírószilárdság és K_{IC} feszültségintenzitási tényező összefüggése
Fig 30. Coherence of the Shear strength and the K_{IC} stress intensity factor

7. Összefoglalás

Cikkünkben a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszékének laboratóriumában elvégzett kísérletsorozat eredményeit ismertettük, amelyben vizsgáltuk egy újszerű, „kis méretű” beton próbatípus törésmechanikai vizsgálatok céljára való alkalmazhatóságát. További vizsgálataink során elemeztük különböző összetételű betonokon a betontechnológiai paraméterek változásának hatását is a feszültségintenzitási paraméterekre, valamint a szilárdsági és feszültségintenzitási paraméterek összefüggését.

A törésmechanika az anyagban található véges sok repedés környezetében kialakuló feszültségi anomáliák kutatásával foglalkozik. A múlt század elején analitikusan, majd a század közepétől numerikusan is alátámasztott elméletek szerint egy repedés repedéscsúcának környezetében a „hagyományos” szilárdságtani elméletekenél lényegesen nagyobb, Griffith [1] korszak-alkotó, iniciáló elmélete szerint akár végtelen nagyságú, feszültségkoncentrációk jönnek létre.

A feszültség-koncentrációk meghatározására és a számítások egységesítésére Irwin [11] bevezette a feszültségintenzitási tényező (K) fogalmát, melyet húzási (I-es típusú) nyírési (II-es típusú), illetve csavarási (III-as típusú) esetekre definiált. A feszültségintenzitási tényező kritikus értékénél (K_{IC} , K_{IIC} , K_{IIIC}) következik be a repedés terjedése.

Irodalmi közlések szerint a repedés terjedéséhez szükséges feszültségintenzitási meghatározásra előbb fémekhez, majd más (pl. beton és kő) anyagokhoz is speciális próbatesteket dolgoztak ki. Minden vizsgálat típushoz speciális, terhelési és peremfeltételeket leíró geometriai függvény tartozik.

A kísérletsorozatban új típusú próbatesteket és hat eltérő beton-összetétel alkalmaztunk. Vizsgáltuk a víz-cement tényező hatását (állandó vízmennyiség mellett növelt cement-adagolással), majd két acélszal-adagolási mennyiség (0,5 és 1,0 V/V%) befolyásoló hatását elemeztük. Végül megállapítottuk, hogy milyen hatással van a vizsgált paraméterekre, ha a teljes

adalékanyagot azonos szemeloszlású, de zúzott bazalt anyagú adalékanyaggal helyettesítjük.

A paraméterek meghatározásához bemetszett hasábokat ($70 \times 70 \times 120$ mm; $70 \times 70 \times 250$ mm), hengereket (1:2 d/h arányú, bemetszett henger a K_{IC} értékhez), bemetszett hosszában félbevágott hengereket ($d = 60$ mm ill. 100 mm) készítettünk.

Az új, általunk először alkalmazott próbatesteknél, publikált forrás hiányában, magunk állapítottuk meg a geometriai közelítő függvényt. Összefüggésben az irodalmi adatok alapján számított, más próbatest-típusokhoz és más tönkremeneteli módhoz tartozó értékekkel.

A kapott eredmények alapján közelítő összefüggést adtunk meg az új típusú próbatest geometriai függvényére.

A K_{IC} feszültségintenzitási tényező vizsgálatok megállapítottuk, hogy a vizsgált tartományon belül sokkal inkább a frissbeton péptartalmának, mint a beton víz-cement tényezőjének van jelentős hatása. Hasonlóképpen az acélszaladagolás hatására a betonban maradó többlet tömörítési hiány is rontja a feszültségintenzitási tényező kritikus értékeit.

Összefüggést mutattunk ki a K_{IC} feszültségintenzitási tényező és a próbatesteken mérhető nyírószilárdság között. A magas megbízhatóságú lineáris összefüggés segítségével a feszültségintenzitási tényező előre becsülhetővé vált.

Az alkalmazott vizsgálati módszerek segítségével, a törésmechanika modern eszköztárával sikerült az új próbatípus alkalmazhatóságát kísérleti eredményekkel alátámasztani és a betontechnológiai paraméterek, szilárdsági és feszültségintenzitási eredmények között összefüggést kimutatni.

8. Köszönetnyilvánítás

A cikk szerzői köszönetet mondanak Diriczi Dávidnak és Eipl Andrásnak laboratóriumi vizsgálatok elvégzésében nyújtott segítségért. Megköszönjük a BME Építőanyagok és Mérnökgeológia Tanszék laboratóriuma, valamint a HaNSa Kft., illetve a MetroConsult Kft. segítségét és támogatását.

Felhasznált irodalom

- [1] Griffith, A. A.: *The phenomena of rupture and flow in solids Philosophical Transaction*, Royal Society of London, Ser. A. Vol. 221, pp 163-198, 1920
- [2] Kolozsov, G. V.: *Über die Anwendungen der komplexen Funktionentheorie auf das ebene Problem der mathematischen Elastizitätstheorie*, disszertáció, Jurevi Egyetem, 1909
- [3] Inglis, C. E.: *Stresses in Plate Due to the Presence of Cracks and Sharp Corners*, Transactions of Institute of Naval Architects, Vol. 55, pp 219-241, 1913
- [4] Muszchelisvili: *Some basic problems of mathematical theory of elasticity*, P. Nordhoff, London, 1953
- [5] Westergaard, H. M.: *Bearing Pressure and Cracks*, Journal of Applied Mechanics, Vol. 6, pp 49-53, 1939
- [6] Sih, G. C. és Rice, J. R.: *Plane Problems of Cracks in Dissimilar Materials*, Journal of Applied Mechanics, 32, pp 418-423, 1965
- [7] Sneddon, I. N.: *Crack problems in the classical theory of elasticity*, John Wiley & Sons, Hoboken NJ, 1969
- [8] Blumenauer, H. – Push, G.: *Műszaki törésmechanika*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1987
- [9] Ujhelyi, J.: *Betonismeretek*, Műegyetemi Kiadó, Budapest, 2005
- [10] Jaeger, J. C. – Cook, N. G. W.: *Fundamental of rock mechanism*, 2nd ed., Chapman&Hall, London, 1978
- [11] Irwin, G. R.: *Analysis of Stresses and Strains near the End of a Crack Traversing a Plate*, Journal of Applied Mechanics, Vol. 24, 1957, pp 109-114, 1957

- [12] Gálos, M. – Kürti, I. – Vásárhelyi, B.: *Közetek törésének értékelése hagyományos és törésmechanikai módszerekkel*, Kőolaj és földgáz, Vol. 27/2, 1994. február, pp 44-46; 51-57, 1994
- [13] ASTM E 399-81: *Standard Test Method for Linear-Elastic Plane-Strain Fracture Toughness K_{Ic} of Metallic Materials*; American Society for Testing and Materials; 1981
- [14] Xu, S. – Zhang, X.: *Determination of fracture parameters for crack propagation in concrete using an energy approach*, Engineering Fracture Mechanics, Vol. 75/2008, pp 4292-4308, 2008
- [15] Kumar, S. – Barai, S. V.: *Determining double-K fracture parameters of concrete for compact tension and wedge splitting test using weight function*, Engineering Fracture Mechanics, nyomtatás alatt, kézirat elfogadva: 2008. dec. 26.; 14 oldal; 2009
- [16] Ouchterlony, F.: *Fracture toughness testing of rock with core based specimens*, Rossmann, H. P. (eds.): Fracture and damage of concrete and rock, Pergamon Press, Oxford, pp 355-365; 1990
- [17] Williams J. G. – Birch M. W.: *ASTM STP 601 American Society for Testing and Materials*, Philadelphia, pp 125–137; 1976
- [18] Vutukuri, V. S. – Lama, R. D. – Saluja, G. S.: *Handbook on mechanical properties of rocks Volume I*; Trans. Tech. Publications, Clausthal; 1974
- [19] Barragán, B. – Gettu, R. – Agulló, L. – Zerbinó, R.: *Shear Failure of Steel Fiber-Reinforced Concrete Based on Push-Off Tests*, ACI Materials Journal, Vol. 103, No. 4, pp 251-257; 2006
- [20] Gálos, M. – Kövesdi, B.: *Közetek nyírószilárdságának meghatározása beemelt próbatesteken*, Török, Á. – Vásárhelyi, B. (eds.): *Mérnökgeológia Közetmechanika 2006*, Műegyetemi Kiadó, pp 53-58; 2006
- [21] Gálos, M.: *Közetek szilárdsági és alakváltozási tulajdonságai a mérnökgeológiai közetmodell rendszerében*, MTA kandidátusi értekezés; 1990
- [22] Gálos, M.: *Mechanical tests to determine rock strength characteristics*, Stiller, H. (eds.): „High Pressure Investigations in Geosciences”, Akademie-Verlag, Berlin, pp 149-153; 1989
- [23] Bojtár, I. – Gálos, M. – Rechterisz, Á.: *Determination of fracture mechanical properties on rocks boring core material*, Acta Technica Acad. Sci. Hung., Vol. 107/3 4, pp 163-174; 1995
- [24] Gálos, M.: *Törésmechanikai jellemzők meghatározása közetek fúrési maganyagán*; előadás, VII. Törésmechanikai Szeminárium, Miskolc, CD-Rom melléklet; 2000
- [25] Erdélyi, A. – Gálos, M.: *Acélszál erősítésű beton szívósságának értékelése törésmechanikai módszerekkel*, OTKA T16683, 1997. július

Hivatkozás erre a cikkre:

Fehérvári S. – Gálos M. – Nehme, S. G.: *A K_{Ic} feszültségintenzitási paraméter kísérleti meghatározása új típusú beton próbatesteken*. Építőanyag, 61. évf. 2. szám (2010), 34–38. p.

Üvegipari szakmai konferencia a GE Fényforrás Üzletág európai központjában

Az SZTE Üveg Szakosztálya 2010. május 5-én tartotta a szokásos első félévi szakmai konferenciáját Budapesten. Az idei első szakmai találkozónk megrendezéséhez ismét külső vendéglátót kerestünk.

A helyszínválasztásban és az anyagi háttér előteremtésében **Lipták György**, az Üveg Szakosztály titkára vállalta a legnagyobb szerepet. Kitartó munkája eredményeként a konferencia teljes költségét az eseménynek otthont adó GE Hungary Kft. Technológia igazgatósága vállalta **Vámos Zoltán**, GE Global Lighting Technology Igazgató támogatásával. Az SZTE Üveg Szakosztályának vezetősége ezúton is szeretné megköszönni a vendéglátónak a szíves fogadtatást, és a program szervezésében, előkészítésében résztvevő kollégáknak a kitartó munkát.

A program időzítése jól sikerült; az érkező vendégek a GE Lighting – Fényforrás üzletág új arculatát, az új fényforrások adta világítási lehetőségeket bemutató, újonnan átépített vendégfogadó helyiségen keresztül juthattak be a konferencia helyszínére, ahol további érdekes, a hagyományos „üvegből” készült fényforrás alkalmazásokkal is megismerkedhettek.

A konferenciát **Lipták György** nyitotta meg, köszöntve a vendégeket, röviden ismertette a programot.

Az első előadásban **Dr. Balázs László**, a GE Hungary Kft. fejlesztési igazgatója ismertette meg a jelenlevőket a GE és Tungsram cég rövid történetével, a két cég múlt század elejére visszanyúló fényforrás-fejlesztéssel kapcsolatos üzleti és együtt-

működési kapcsolataival. Bepillantást nyerhettünk a fényforrásipar jelenlegi helyzetébe, és képet kaptunk a jövőbeni fejlődési irányt és trendeket illetően. **Lipták György** fejlesztési igazgató a fényforrásgyártással kapcsolatosan rávilágított a fényforrás és üvegipar fejlődésének szoros kapcsolatára. Ezen előadás keretében megismertük a GE-TUNGSRAM különböző telephelyeinek üveg vonatkozású fejlődési szakaszait: az egyes üvegyártási technológiák meghonosításának történeti hátterét a főbb beruházási mérföldkövek kiemelése mellett.

A következő prezentáció első részében rövid fényforrás-fejlesztési áttekintést kaphattak a jelenlevők **Dr. Balázs László**tól, kitérve a környezeti és energiagazdálkodási kormányrendeletekhez és törvényi rendelkezésekhez köthető befolyásoló tényezők fényforrás-fejlesztésre, újtermék tervezésre gyakorolt hatásmechanizmusairól.

A GE fényforrásgyártás fejlesztési irányvonalát, stratégiáját a GE Hungary Kft. technológiai laborvezetője, **Varga Zsuzsanna** ismertette. Előadásában az üveg, mint alkatrész különböző lámpa termékekben játszott szerepéről, az üvegtulajdonságokról, a gazdasági folyamatokhoz igazodó üvegtechnológiai, keverék-összetétel fejlesztési lehetőségekről adott általános képet a hallgatóságoknak.

A záró prezentáció a GE európai operációjának és a technológia szervezett fejlesztő csapatának 2009. évi legjelentősebb beruházási projektjéről, a budapesti keményüveg-gyártás oxigén-tüzelésre történő átállításáról, korszerűsítéséről hangzott el **Márkus László** projektvezető (Üvegtechnológia, GE Hungary Kft.) előadásában.

A prezentáció kitér a technológiai váltás szempontjainak ismertetésére, hangsúlyozva az energia hatékony, alacsony karbantartási igényen túl a korszerű fényforrásgyártás által támasztott megemelkedett minőségi elvárásoknak megfelelő üveglvasztás megvalósíthatóságát.

Ismertetésre kerültek a projekt tervezés és megvalósítás szempontjai, különös tekintettel a környezetvédelmi fejlesztési szempontokra, melyeket a kemence és a technológia tervezése, beüzemelése során a munkában résztvevő mérnökök mindig szem előtt tartottak. A jelenlévők összehasonlító képet kaptak a lebontott regeneratív keresztlámgú, boroszilikát üveglvasztó kemence működési nehézségeiről, összevetve azokat az új fejlesztésű, magas minőségi követelményeket kielégítő, környezetbarát gyártástechnológiát, alacsonyabb CO2 és NOX kibocsátást biztosító oxigéntüzelésű olvasztó kemence üzemeltetési tapasztalataival.

Az előadások után, a következő programszakasz bevezetésül **Margit Ferenc** termelési igazgató a GE Hungary Kft. részéről köszöntötte a megjelenteket, ismertette a gyárlátogatással kapcsolatos tudnivalókat.

A vendégek három fő folyamatot tekinthettek meg: kerámia fém-halogén lámpák gyártása és összeépítése; H4 –H7 autólámpák gyártása és összeszerelése; az újonnan épült boroszilikát üveglvasztás és az üvegyártás folyamata.

A gyárlátogatások után mindenki új élményekkel gazdagodva térhetett vissza a konferencia terembe, ahol **Tóthné Kiss Klára** az SZTE Üveg Szakosztály elnöke összegezte a nap eseményeit, köszönetét fejezte ki a szervezésért, a részvételért és a vendégszeretetért, melyet a vendéglátó biztosított az eseményhez.

Külön köszönet annak a közel 60 fő megjelent szakosztályi tagunknak, akik az üvegiparban vagy kapcsolódó üzletágaiban, egyetemeken vagy már nyugdíjasként tevékenykednek, s időt tudtak szakítani napi elfoglaltságuk mellett ezen szakmai rendezvényen való részvételre.

*Ferenc Péter - fejlesztési vezető
GE Fényforrás Üzletág, Üvegtechnológia*



Effect of scandium additions on pressure less sintering of Al-TiN metal matrix composites

SARTHAK KHARE ▪ National Institute of Technology, Jamshedpur ▪ sarthakjsr@gmail.com
MUNISH SHARMA ▪ National Institute of Technology, Jamshedpur ▪ sharma.munish14@gmail.com
K. VENKATESWARLU ▪ Hindustan Aeronautics Limited (NAL), Bangalore

Received: 13.10.2009. ▪ Érkezett: 2009.10.13.

Synthesis Al-TiN (10, 20, 30 wt%) composites without and with Scandium (Sc) (0.2 and 0.6 wt%) have been prepared using pressure less sintering. An amount of 4 wt% Cu is added in all the samples for the better wettability purpose. Powders of Al, Cu and TiN are mixed thoroughly and compacted to pellets of 12 mm diameter and 4 mm thickness. Samples of Al-TiN are sintered at 450, 550 and 620 °C in a controlled atmosphere tubular furnace purged with Ar gas. The hardness results suggest that samples sintered at 620 °C and higher TiN contained samples exhibited higher hardness values. The samples sintered at other temperatures showed abrupt hardness values which suggest that the sintering temperatures are not sufficient for complete sintering. Further sintering was carried out at 620 °C for scandium added Al-TiN composites. The results suggest that the 0.2% Sc additions did not show significant improvement in microstructure and hardness. But the samples with 0.6% scandium showed significant improvement in hardness and very fine grain structure with very good interfacial bonding between the matrix and the TiN particles. The Al-0.6Sc-30TiN composite showed the best hardness and microstructure of all the tested samples. The wear behavior of the developed composites indicated that the scandium additions not only showed significant improvement in microstructure and improved hardness results but also exhibited superior wear resistance properties.

1. Introduction

In the recent past, extensive research work has been carried out and it is shown that there is tremendous promise of ceramic reinforced metal-matrix composites (MMCs) [1–3]. Processing techniques have been developed to synthesize the MMCs for diverse field of applications [1, 2] in aerospace, defense, automobile and sports sectors. In MMCs, addition of a small amount of second phase materials with high shear strength was added to the base materials to obtain unique properties [4–6]. Among the various MMCs, Al based MMCs have received much attention due to their light weight, strength to weight ratio, ease in melting and casting and most abundantly available raw materials. Most of the research on the Al based composites is to improve its mechanical properties by the incorporation of hard ceramic oxides (carbides) nitrides into the metal matrix. Powder metallurgy route has been extensively studied. Another route of synthesizing of MMCs is by liquid metallurgy route, where the reinforcing phases are either infiltrated [7–9] or injected into the liquid metal. Mixing, in-situ growth and spray forming techniques are also used to prepare the MMCs. The spray forming of composite involves spraying of both liquid metal and reinforcing particulates simultaneously [10]. Among various ceramic additions to Al, SiC has been given much attention by many researchers and the synthesizing of Al-SiC MMCs is still has some limitations [1] and hence efforts are made to overcome the problems by incorporating other reinforcing materials such as TiN [11] and also to study the sintering behavior in pressure less conditions. In the recent past, the present authors had studied the sintering behavior of these composites at hot pressing conditions [12].

2. Experimental procedure

Aluminum powder of 99.7% purity, copper of 99.5% purity and TiN powders were selected as the starting materials. Hereafter, % is always reported as wt% only. The preparation of TiN powder is by selecting Ti sponge (>98% pure) and nitriding the same at 1823 K for 45 min and after nitridation; the lumpy mass was manually ground to yield powder by using an agate mortar. The powder was again nitrided and reground to ensure complete nitridation of Ti and the formation of a single-phase TiN powder [12]. Al powder (commercial purity) was prepared by atomization technique in our laboratory using a graphite nozzle of 3 mm diameter and at a gas pressure of 50 psi and sieved to -300 mesh (<53µm). Copper powder (-300 mesh and 99.5% pure) was used to improve the wettability of Al and TiN. Required amounts of Al, TiN and Cu powders were taken in three separate batches with the compositions given in Table 1. The powder mixture was thoroughly mixed by hand using agate mortar and cylindrical pellets of diameter 22 mm were made by applying load of 200 MPa. Subsequently, the pellets were transferred to a tubular furnace where temperatures of 450, 550 and 620 °C and Ar atmosphere were maintained. The sintered samples were polished and prepared for hardness determination and metallographic examination. Bulk hardness of Al-TiN composite was determined using Vickers hardness tester at 5 kg load. The samples were etched with Kellers reagent (2.5 ml HCl, 1.5 ml HNO₃ and 1 ml HF and rest is H₂O) and examined under SEM (JEOL 840A, Japan make). Dry sliding wear test was carried out on a pin-on-disc wear test machine (TR 20 LE, DUCOM make, Bangalore, India) with

Dr. K. VENKATESHWARLU
is senior scientist at National Aeronautical Laboratory (NAL), Bangalore, India. He has done his M.Tech and Phd from Indian Institute of Technology, Kharagpur, India. Beside his small stint at Regional Research Laboratory (RRL), Bhopal, India, he was associated with a research program at National Metallurgical Laboratory (NML), Jamshedpur, India, on advanced materials. He has more than 100 national and international publications.

SARTHAK KHARE

Fellow of Bechlore of Technology (B.Tech) Hons program from National Institute of Technology, Jamshedpur. Apart from this, he is a core research team member at the same institute. For more than three years, has been working at National Metallurgical Laboratory (NML), Jamshedpur. He is a member of Indian Institute of Metals (IIM) and Indian Ceramic Society. He has various national and international publications in his account.

MUNISH SHARMA

is fellow of Bechlore of Technology (B.Tech) Hons program from National Institute of Technology, Jamshedpur. Apart from this, he is a core research team member at the same institute. For more than two years, has been working at National Metallurgical Laboratory (NML), Jamshedpur. He is a member of Indian Institute of Metals (IIM). He has various national publications in his account.

a sample of 8 mm diameter and 40 mm length. The diameter and height of the sintered sample was 8 and 5 mm respectively. The sample size requirement for conducting the sliding wear test is 40 mm height. Therefore, the sintered pellet was made to 40 mm height by attaching a steel sample of similar diameter. The specimens were allowed to slide against a rotating EN 32 steel disc (counter face) of hardness 65 Rc, where co-efficient of friction, and wear loss in microns were monitored as a function of load (1.5 and 2.5 kg) up to 3200 m sliding distance.

3. Results and discussion

Initially, samples A, B, C are sintered at 450, 550 and 620 °C for 20 min holding time. Since the proper sintering was not observed for samples that are sintered at 450 and 550 °C, all the remaining sintering tests are carried out at 620 °C only for all the alloys. Fig. 1. shows the XRD pattern of Al-10TiN, Al-20TiN and Al-30TiN, and marked as A, B and C respectively. XRD studies suggest that intensity of Al peak decreased and TiN intensity is increased with the increase in TiN content. In addition, Al₂Cu peaks also have been observed since 4% of Cu is added to all the samples. Further, the results suggest that only Al and Cu are reacted and there is no product of Cu with TiN.

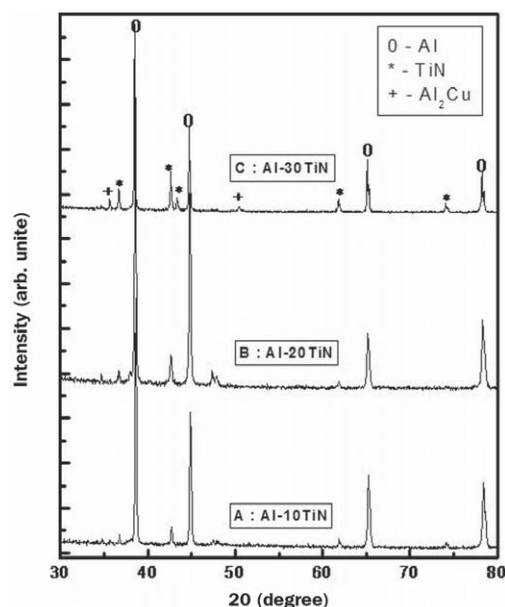


Fig.1. XRD pattern of samples A-C
1. ábra Az A-C minták röntgen diffraktogramjai

Table 1. shows the chemical composition and various identifications for each sample of all the experimental alloys. Similarly Table 2. shows the density and hardness values for the Al-TiN MMCs with and without Sc contents (samples A–I). It is seen that there is no significant change in the density of samples D, E, F as compared to A, B, C samples. A nominal improvement in hardness measurements is noticed for samples D, E and F. However, significant change in the density and hardness values are observed for samples G, H and I when the Sc content is enhanced to 0.6% (Table 2.). From our earlier studies also, the grain refinement of Sc addition of CPAI suggest that there is no affect of Sc additions below 0.5% [15]. Hence the present results are also in conformity with our earlier studies.

Sample designation	Composition, wt%		
	Al	TiN	Cu
A	86	10	4
B	76	20	4
C	66	30	4
	Al-0.25Sc	TiN	Cu
D	86	10	4
E	76	20	4
F	66	30	4
	Al-0.6Sc	TiN	Cu
G	86	10	4
H	76	20	4
I	66	30	4

Table 1. Sample designation and composition for all the experimental alloys
1. táblázat A kísérleti minták jelölése és összetétele

Sample designation	Density, g/cc	Hardness (H _{V5})
A	2.59	57
B	2.67	61
C	2.78	72
D	2.58	59
E	2.70	64
F	2.87	75
G	2.65	68
H	2.77	77
I	2.86	90

Table 2. Density and hardness values for all experimental alloys
2. táblázat A kísérleti minták sűrűsége és keménysége

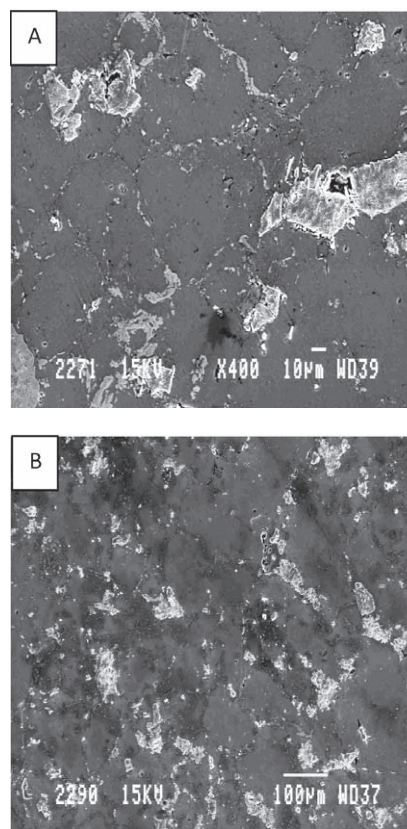


Fig. 2. SEM images of (A) Al-10TiN-4Cu and (B) Al-0.25Sc-10TiN samples
2. ábra Az Al-10TiN-4Cu (A) és az Al-0,25Sc-10TiN (B) minták pásztázó elektronmikroszkópos felvételei

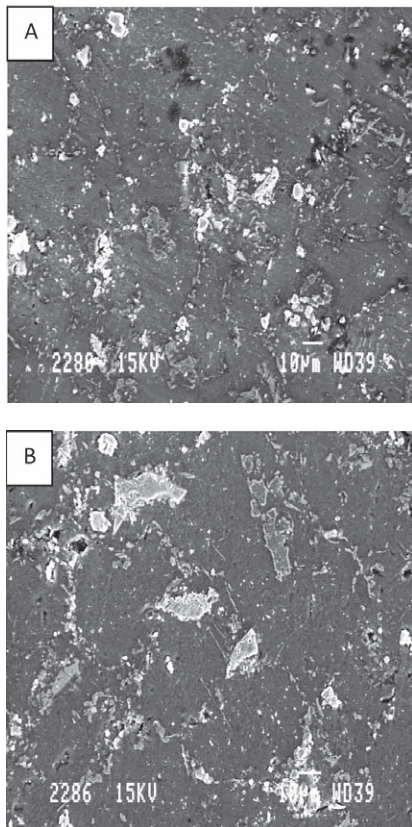


Fig. 3. SEM images of (A) Al-0.6Sc-20TiN-4Cu and (B) Al-0.6Sc-30TiN-4Cu samples

3. ábra Az Al-0,6Sc-20TiN-4Cu (A) és az Al-0,6Sc-30TiN-4Cu (B) minták pásztázó elektronmikroszkópos felvételei

Fig. 2. A, B shows the SEM images of sample A and D. Some black spots are clearly observed between the two TiN particles and are confirmed to be pores (Fig. 1. A). The bright particles are mostly in the range of 40–45µm are confirmed as TiN particles and the grey color small particles ~5 µm that are along the grain boundaries are observed as Al₂Cu particles. Some amount of agglomeration of TiN particles is observed and this is possibly occurred during sintering process. The volumetric concentration of Al₂Cu particles are lower as compared to TiN particles and the presence has been already confirmed from our XRD studies. The microstructural studies further confirm that the TiN particulates are uniformly distributed in the Al matrix. The volume concentrations of TiN particles are increased as the TiN content is increased from 10 to 30% (not shown here). Fig. 2. B shows the presence of few small particles and are possibly Al₃Sc precipitates. In addition to the Al₂Cu particles at grain boundaries, TiN particles also have been precipitated along the grain boundaries. This has a prolonging effect of interlocking of Al grains which, along with the difference in thermal expansion co-efficient of Al and TiN [14], strength of composite is boosted and it becomes slightly brittle. In view of understanding the effect of higher Sc additions, 0.6% is added to Al-4Cu-TiN samples and Fig. 3. A, B shows the SEM images of G and H samples respectively. As expected, more TiN particles are in sample-H (Fig. 3. B) as compared to sample-G (Fig. 3 A). However, more refined microstructure is observed in these cases as compared to

samples D–F. This directly suggests that Sc has significantly refined the microstructure and this has directly influence on the hardness values also. Sample A had the density of 2.59 g/cc where as the sample I has 2.86 g/cc. This higher density is due to the Sc additions and refined structure that has led to less porosity levels and has direct influence on the density and hardness values. Sample A has the hardness values of 57 and sample C has 76 HV. This is due to higher concentration of TiN content whereas sample I gave 90 HV as compared to sample C (76 HV). This is due to the grain refinement affect due to Sc additions. In order to confirm the presence of Sc, Cu and Ti, EDX has been carried out on the sample H and the pattern is shown in Fig. 4. It can be clearly seen from this pattern that Al, Ti, Cu and Sc elements are present and are in appropriate quantities. When scanning is done on the grey particles, only Cu and Al peaks are observed and from the concentration levels, the particles can be confirmed as Al₂Cu. Similarly, TiN and Al₃Sc also confirmed from the EDX studies (respective patterns are not shown here). Fig. 5. shows the SEM image of sample I where one TiN particle at higher magnification. A close observation of this image suggests that there is absolutely no interfacial deboning between the matrix and the particle. When compared to sample C, the porosity levels also very low for sample I.

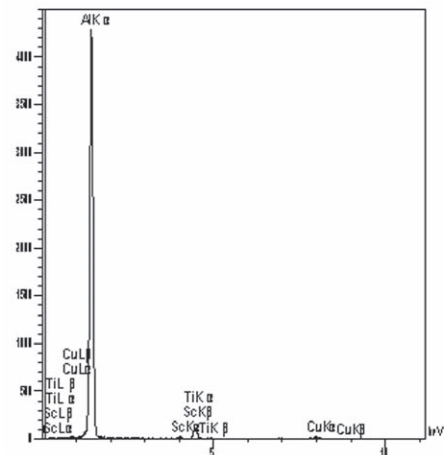


Fig. 4. EDX pattern on the sample I

4. ábra Az I minta elektrondiffrakciós képe

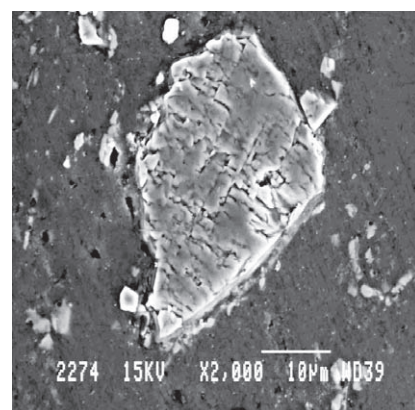


Fig. 5. SEM image of Al-0.6Sc-30TiN-4Cu at higher magnification

5. ábra Az Al-0,6Sc-30TiN-4Cu minta nagyobb nagyítású pásztázó elektronmikroszkópos felvétele

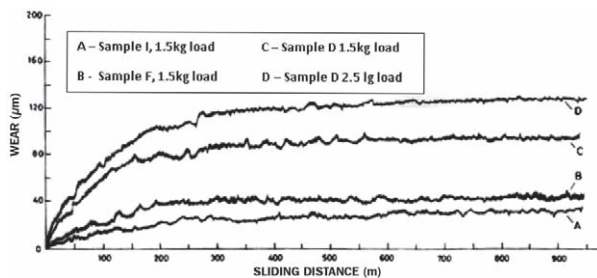


Fig. 6. Sliding wear performance of Al-TiN MMCs under different conditions
 6. ábra Az Al-TiN fémmátrixú társított anyagok csúszási kopása különböző körülmények között

Fig. 6. shows the sliding wear performance of samples D and I. In case of sample D the response of load is clearly shown in the Fig. 6. C, D. It can be seen from this graph; the wear is linearly increased up to the sliding distance of 150 m and followed continuously up to 950 m. The sample D experienced a total wear loss of $\sim 75 \mu\text{m}$ at 1.5 kg load (Fig. 6. C) and further increase in load to 2.5 kg, the total wear loss is $\sim 115 \mu\text{m}$ (Fig. 6. D). However when the TiN concentration is high, i.e. in sample I, the sliding wear response is different. In fact, the effect of Sc additions is mainly studied in this case. Fig. 6. A, B shows the wear performance of sample F and sample I. It can be seen from the graph that lower Sc content exhibited higher wear loss suggesting that 0.25 % Sc are not sufficient for improving the both hardness or wear resistance properties. However, 0.6 Sc additions certainly exhibited better wear resistance when compared to all other alloys. The presence of Al_3Sc precipitates are responsible for this better wear resistance property since these precipitates are able to absorb the load and load transformation to the matrix gets minimized. Thus this alloy exhibited better wear resistance. In addition, the TiN particles also play significant role in change the wear performance of MMCs. Sample I experienced a wear loss of $25 \mu\text{m}$ which is 3 times lower than the sample D (Fig. 6. A), whereas the sample F experienced a wear loss of $\sim 32 \mu\text{m}$ which are very close to sample I wear loss (Fig. 6. B). These results are compared to each other since the TiN concentration is same and only the Sc content is changed.

4. Conclusions

Al-4Cu-TiN (10, 20, 30 wt%) MMCs with and without Sc were successfully sintered (pressure less) at 620°C for 20 minutes in the controlled (Ar) atmosphere furnace. Microstructural results suggest that TiN particulates are uniformly distributed in the Al matrix and no debonding is observed between the particulates and matrix. Increase in the TiN content is not only responsible for improvement in hardness values but also exhibited superior wear resistance properties. In addition, higher Sc content (0.6 wt%) is responsible for further improvement in mechanical and tribological properties. Even though the coefficient of friction and temperature changes due to additions of Sc to Al-TiN MMCs and varying load have been made, it is not discussed here.

Acknowledgments

The authors wish to thank Prof. S. P. Mehrotra, Director of National Metallurgical Laboratory for his kind permission to publish this paper. We sincerely thank Mr. M. K. Gunjan and Mr. B. Mahato for SEM and XRD studies respectively. We also would

like to thank Mr. G. Vimalan, Mr. K. Seetharaman and Mr. Y. P. K. Rao, of NML, Jamshedpur for their technical support.

References

- [1] Lloyd, D. J.: *Particle reinforced aluminum and magnesium matrix composites*, Int. Mater. Rev, 1994, Vol. 39, pp.1-23
- [2] Rohatgi, P. K – Asthana, R. – Das, S: *Future directions in solidification of metal matrix composites*, Int. Met. Rev, 1986, Vol. 31, pp. 115-139
- [3] Ibrahim, I. A – Mohammad, F. A. – Lavernia E. J.: *Particulate reinforced metal matrix composites – a review*, J. Mater. Sci, 1991, Vol. 26, pp. 1137-1156.
- [4] Kelly, A.: *Composites in context*, Compos. Sci. Technol, 1985, Vol.23, pp. 171-199.
- [5] Akio, K. – Atsushi, O. – Toshiro, K. – Horoyuki, T.: *Fabrication process of metal matrix composite with nano-size SiC particle produced by vortex method*, J Japan Institute Light Metals, 1999, Vol. 49, pp. 149-154.
- [6] Shyua, R. F. – Wenga, F. T. – Ho, C. T.: *In situ, reacted titanium nitride-reinforced aluminum alloy composite*, J Mater Proc Tech, 2002, Vol. 122, pp. 301-304.
- [7] Gao, Y. – Jia, J. – Loehman, R. E. – Ewsuk, K. G.: *Transmission electron microscopy study of Al/Al₂O₃ composites fabricated by reactive metal infiltration*, J.Mater. Res, 1995, Vol. 10, pp. 1216-1225.
- [8] Kim, I. S. – Hennicke, H. K.: *Oxidationsverhalten von der Schmelze einer AlSiMg-Leigierung*, Aluminium, 1993, Vol.69, pp. 269-272.
- [9] Jiang, J. Q. – Ma, A. B. – Liu, H. N. – Tan, R. S.: *Fabrication of alumina short fiber reinforced aluminum alloy via centrifugal force infiltration*, Mater. Sci. Tech, 1994, Vol. 10, pp. 783-787.
- [10] Wu, Y. – Lavernia, E. J.: *Spray atomization and co deposited 6061 Al/SiCp composites*, J. Met, 1991, Vol. 43, pp. 16-23.
- [11] Thakur, S. K. – Kong, T. S.: *Gupta M, Microwave synthesis and characterization of metastable (Al/Ti) and hybrid (Al/Ti + SiC) composite*, Mat Sci Engg A, 2007, Vol. 452, pp.61-69.
- [12] Ajoy Kumar, R. – Venkateswarlu, K. – Chaudhury, S. K. – Das, S. K. – Ravi Kumar, B. – Pathak, L. C.: *Fabrication of TiN reinforced aluminium metal matrix composites through a powder metallurgical route*, Mat Sci Engg A, 2002, Vol. 338, pp. 160-165.
- [13] Xiao, P. – Derby, B.: *Acta Materialia*, 44 (1999) pp. 307-311.
- [14] Arsenaul, J. R.: *Materials Science and Engineering*, Volume 64, Issue 2, June 1984, pp. 171-181.
- [15] Venkateswarlu K. et al., Mater. Sci. Engg. A 383 (2004) pp. 374-380.

A szkandium adalékolás hatása Al-TiN fémmátrixú társított anyagok nyomásmentes szinterelésére

Al-TiN (10, 20, 30 m/m%) társított anyagokat állítottunk elő nyomásmentes szintereléssel Sc adalékolás nélkül, illetve 0,2 és 0,6 m/m% Sc adalékolásával. A jobb nedvesíthetőség érdekében valamennyi mintába 4 m/m% Cu-t is bekevertünk. A kísérletek során az Al, Cu és TiN porokat alaposan összekevertük, majd a porelegyből 12 mm átmérőjű, 4 mm vastag pasztillákat készítettünk. Az így kapott mintákat csökemencében, argon áramban 450 , 550 és 620°C -on szintereltük. Azt tapasztaltuk, hogy a nagyobb TiN tartalmú, illetve a 620°C -on szinterelt minták keménysége jobb volt a többi mintáénál. Az alacsonyabb hőmérsékleteken szinterelt pasztillák kis keménysége nem teljes zsugorodásra utal. A Sc-mal adalékolt mintákat ezért 620°C -on szintereltük. A 0,2 m/m% Sc-t tartalmazó mintáknál sem a mikroszerkezet, sem a keménység nem javult. Ugyanakkor a 0,6 m/m% Sc-t tartalmazó mintáknál a keménység jelentősen megnövekedett. Ezek a minták nagyon finom szemcseszerkezetűek, és bennük erős felületi kötések alakultak ki az Al mátrix és a TiN részecskék között. A legnagyobb keménységet és a legjobb mikroszerkezetet az Al-0,6Sc-30TiN mintánál tapasztaltuk. A társított rendszerek kopási viselkedésének vizsgálata során megállapítottuk, hogy a Sc adalékolás nemcsak a mikroszerkezetet, hanem a kopási tulajdonságokat is javítja.

Citation to this article:

Khare, S. – Sharma, M. – Venkateswarlu, K.: *Effect of scandium additions on pressure less sintering of Al-TiN metal matrix composites*. Építőanyag, 61. évf. 2. szám (2010), 39-42. p.

Layered double hydroxides structure and composition influence on sorption characteristics relative to chromium anions

ELEONORA BUTENKO ▪ Azov Sea State Technical University ▪ butenkoeo@rambler.ru

ALEXEY KAPUSTIN ▪ Azov Sea State Technical University ▪ kapustin_a_e@pstu.edu

Received: 02.11.2009. ▪ Érkezett: 2009.11.02.

This work deals with the investigation of heavy metals anions sorption from water phase by clay minerals of different composition. The basicity of sorbents, the kinetics of the sorption process, the anion-exchange capacities of clays with different cation composition have been studied. The correlation of exchange properties of clays on their composition has been founded.

Keywords: layered double hydroxides, sorption, basicity, kinetic

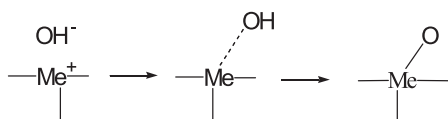
Introduction

The adsorption cleaning of sewages is the most effective for deleting of heavy metals from sewages. The widely used sorbents are the active carbons of different modifications, but the use of active carbons is limited by their high cost. And yet, the sorption of heavy metals by active carbons is a physical process; there is no bond between the ions and the matrix, so the equilibrium process is possible. It does the processes of storage very risky because of possible of reverse desorption process. Also, the modified carbon sorbents investigated before possessed such draw backs, as the protracted establishment of sorption equilibrium and small degree of adsorption. So the investigation of new alternative sorbents for heavy metal ions is very important.

The aim of our work was to investigate new sorbents and to create a new technology for ions adsorption from liquid phase. The objects of our researches were oxides layered double hydroxides (LDHs), the most widespread clay minerals [1] with properties of inorganic anion-exchangers [2].

Most LDHs are the substances, showing cation-exchange properties. They are widely known and studied [1]. LDHs with properties of solid bases and anion exchangers known very restrictedly [3].

In general LDHs are natural or synthetic minerals, consisting of the positively charged layers in which there are molecules of water and anions liable to exchange. LDHs have the different basic sites [4]. The weak Bronsted sites are the hydroxide group of the hydrated surfaces and strong Lewis sites in the pair of $O^{2-}-M^{n+}$, which can convertible pass from one form in other.



The basicity of LDHs depends on correlation of cations, calcining temperature, composition, structure [5]. In addition, adsorption ability of LDHs is determined by their spatial structure, size of interlayered space and correlation of sizes

Eleonora BUTENKO

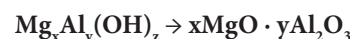
is working at Department of Chemical Technology and Engineering, Azov Sea State Technical University. She had Bachelor of Science in Chemistry (2006) and Master of Science at Analytical Chemistry (2007) at Donetsk National University, Chemistry Faculty. She had a technician practice at Steel work "Azovstal" (2006). She was technician and later graduate student at Department of Chemical Technology and Engineering, Azov Sea State Technical University (2007). Her main field of interest is research of processes of physical sorption and anion-exchange of organic compounds on LDHs help solve environmental problems. She's 22 scientific publications.

Dr. Alexey KAPUSTIN

(1958) is Doctor of Science (Chemistry). He's learned at Moscow Mendeleev Chemical Technological Institute (1975-1981). His PhD thesis was "Alcohol Ethoxylation Reactions" in 1983. His Doctor thesis was "Creation of Basic Heterogeneous Catalysts" in 1996. He's been

working at Azov Sea State Technical University from 1984. Now he's Head of Department of Chemical Technology and Engineering of Azov Sea State Technical University, Mariupol, Ukraine.

and geometry of cations and internal space of LDH. Heat treatment of LDHs after adsorption of heavy metal ions results in formation of spinel-like structures that remain constant under the action of ground-waters and other environmental conditions:



Experimental

The LDHs were obtained in accordance with a method, described in [6]. The concentrations of Mg^{2+} and Al^{3+} should be such that approximately 10 g of dry mineral results per liter reagents. An aqueous solution of magnesium and aluminum nitrates is added rapidly and with good stirring to a solution of sodium hydroxide-carbonate at room temperature. The final pH should be between 8–11. The amount of caustic used should be twice the magnesium and three times the aluminum moles used. The carbonate should approximate three or more times stoichiometric requirements. Following this the heavy gel is allowed to crystallize by heating at 80 °C for varying periods of time, usually 18 h. This results in a slurry which can normally be filtered quite readily, the higher the crystallization temperature and the longer the time, the more facile is the filtration and washing step.

In order to investigate the basic properties of LDHs the titration with Hammett indicators was used [7]. A sample of LDHs and a magnetic stirrer were inserted into a small glass, the glass was put on a magnetic stirring device and the glass was filled with benzene Hammett indicator was added into benzene, the changes in color could be seen on the surface of the sample. The following indicators were used: bromothymol Blue ($pK_a = 7,2$), 4-chlor-2-nitroanilin ($pK_a = 17,2$), 4-chloranilin ($pK_a = 26,5$), purchased from Aldrich and 2,4,6-trinitroanilin ($pK_a = 12,2$), 2,4-dinitroaniline ($pK_a = 15,0$), 4-nitroanilin ($pK_a = 18,4$), purchased from Fluka.

We have studied the adsorption of heavy metal anions (CrO_4^{2-} , $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ etc) by LDHs with general formula $\text{Mg}_x\text{Al}_y(\text{OH})_z$ with different degree of the isomorphouse substitution. The sorption has been studied at intensive interfusion in neutral phase. The initial concentration of chromium anions CrO_4^{2-} was $1,7 \cdot 10^{-5}$ mol/l. The mass of sorbents was 1,0 g on 500 ml of the probed water phase.

The concentration of adsorbed chromium ions in a water phase after adsorption in accordance with state and international standards was determined by spectrophotometric method using the diphenylhydrazine as indicator in an acid phase. The violet color appears as a result of reaction. The measuring was conducted at the waves of 540 nm, because there is a maximum of absorption exactly at this wave-length.

Results and discussion

The properties of investigational samples of LDHs are shown in a Table 1.

Mg/Mg+Al, mol/mol	MgO, mass%	V, ml/g	S, m ² /g
0,27	30	0,5	250
0,72	50	0,2	200
0,80	63	0,2	160
0,86	70	0,2	180

Table 1. Descriptions of investigational LDHs
1. táblázat A vizsgált réteges szerkezetű kettős hidroxidok leírása

Researches of chromium anions CrO_4^{2-} adsorption kinetics were also conducted with LDHs of different degree of isomorphous substitution.

The dependence of chromium ions on sorption times at different amount of sorbent with 0,27 mol part MgO can be seen in the Fig 1.

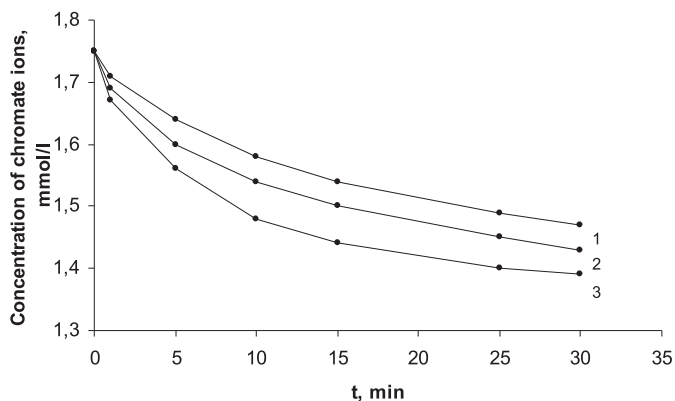


Fig 1. Adsorption of chromate anions in the present of different amounts of the LDHs (1–0,1 g, 2–0,5 g, 3–1,0 g)
1. ábra A kromát anionok megkötése különböző mennyiségű réteges szerkezetű kettős hidroxidok jelenlétében (1–0,1 g, 2–0,5 g, 3–1,0 g)

According to our results we come to the conclusion that the highest degree of extraction of chromium ions is observed at sample with 0,52 mol part MgO.

The experimental results on a change of reaction rate of absorption CrO_4^{2-} depending on Mg/Mg+Al mol/mol part are shown on Fig. 2.

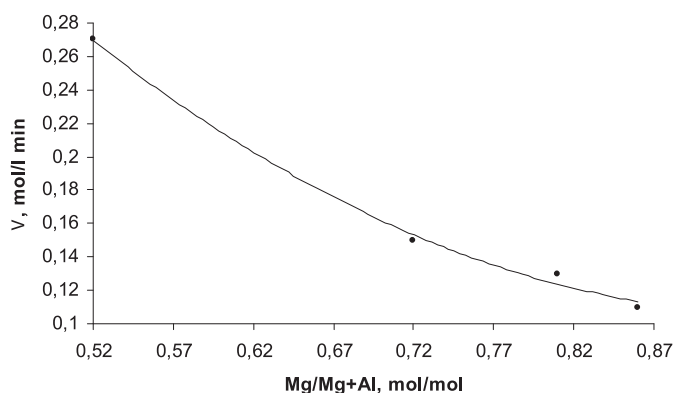


Fig 2. The change of adsorption rates of chromate anions on the different LDHs with different Mg/Mg+Al
2. ábra A kromát anionok adszorpció-sebességének változása különböző Mg/Mg+Al arányú, réteges szerkezetű kettős hidroxidokon

It is possible to assume, that the most degree of extraction of chromium ions is observed if we use the sorbent with 0,86 mol part MgO. It is interesting to compare these results with the dependence between the number of basic sites and the degree of isomorphous substitutions (Fig. 3.) [8].

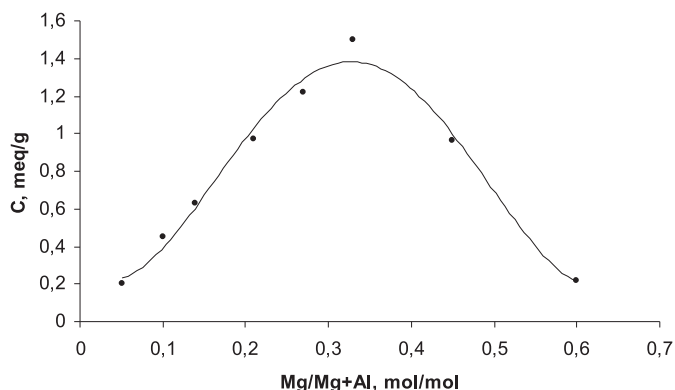


Fig. 3. The dependency of number of basic sites on the Mg/Al molar ratio
3. ábra A bázikus helyek számának változása az Mg/Al molarány függvényében

Fig. 3. shows reverse dependence which can not be explained only by the number of basic sites change. An increase of MgO/Al₂O₃ molar ratio firstly cause increase of the number of basic sites but this dependence show extreme behavior. The number of sites with high basicity also show extreme behavior too (Table 2.). For sample with 0,52 mol part MgO the concentration of acid sites is the followed: H₀ = 4,8 – E = 0,4 meq/g; H₀ = 1,5 – E = 0,3 meq/g.

H ₀	26,5	18,4	17,2	15,0	12,2	7,2
0,27	-	0,14	0,32	0,82	1,40	1,52
0,72	0,01	0,09	0,40	1,11	1,21	1,22
0,80	0,01	0,21	0,40	1,33	1,42	1,40
0,86	0,02	0,32	0,68	1,41	1,55	1,58

Table 2. The concentration of basic sites (E, meq/g) of different strength (H₀) in the LDHs with different molar ratio
2. táblázat A különböző kötési erősségű (H₀) bázikus helyek koncentrációja (E, meq/g) különböző molarányú réteges szerkezetű kettős hidroxidokban

Thus, adsorption of chromium anions is determined by the total influence of concentration of basic sites of sorbents and their basicity.

The values of dynamic capacities (E, meq/g) of investigational sorbents were determined (Table 3.).

Mg/Mg+Al, mol/mol	E, meq/g
0,27	$6,90 \cdot 10^2$
0,72	$7,70 \cdot 10^2$
0,80	$1,05 \cdot 10^2$
0,86	$2,20 \cdot 10^2$

Table 3. The values of dynamic capacities of investigational LDHs
3. táblázat A vizsgált réteges szerkezetű kettős hidroxidok dinamikus szorpciós kapacitása

It is possible to notice that the sorption rate and dynamic exchange capacity have symbate changes. Most effective sorbents is a clay mineral with maintenance of sample with 0,86 mol part MgO. The degree of chrome adsorption is about 90 %.

Thus, our researches showed that LDHs were effective sorbents for taking of heavy metals from industrial sewages.

References

- [1] Vaccari, A.: *Layered double hydroxides: present and future*. V.Rives (Ed.), Nova Science Publishers, Inc, New York, 2002.
- [2] Kapustin, A. E.: *Structure and basic properties of layered double hydroxides*. Chemistry and Chemical Technology 1992, № 35, p. 40–42.

- [3] Kapustin, A.: *Inorganic anion-exchangers*. Russian Chemistry Review 1991, № 60, p. 1398–1416.
- [4] Bolongini, M. – Perego, C.: *Mg/Al mixed oxides prepared by coprecipitation and sol-gel routes*. Microporous and Mesoporous Materials, 2003, № 66, p. 77–89.
- [5] Kapustin, A.: *Heterogeneous basic catalysis*. Renata, Mariupol, 2008.
- [6] Reichle, W. T.: *Synthesis of anionic clay minerals (mixed metal hydroxides, hydrotalcites)*. Solid State Ionics, 1986 № 22, p. 135–141.
- [7] Grekova, N. N. – Kapustin, A. E.: *Indicator titration of heterogeneous basic catalysts*. Catalysis and Petrochemistry, 1996, № 63, p. 25–27.
- [8] Parida, K. – Das, J.: *Mg/Al hydrotalcites: preparation, characterization and ketonisation of acetic acid*. Journal of Molecular Catalysis A: Chemical, 2000, № 151, p. 185–192.

A réteges szerkezetű kettős hidroxidok szerkezetének és összetételének hatása kromát anionok szorpciós sajátságaira

A közleményben nehézfémeket tartalmazó anionok vízből történő megkötését vizsgáljuk különböző összetételű agyagásványokon. Tanulmányozzuk, hogy a szorbensek bázikus jellege, a szorpciós folyamatok kinetikája és az agyagásványok anioncserélő kapacitása miként befolyásolják az anionok megkötődését. Összefüggést állapítottunk meg az agyagok összetétele és anioncserélő kapacitása között.

Kulcsszavak: réteges szerkezetű kettős hidroxidok, szorpció, bázikusság, kinetika

Citation to this article:

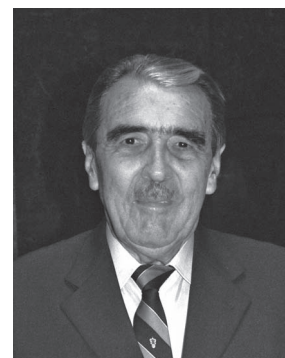
Butenko, E. – Kapustin, A.: *Layered double hydroxides structure and composition influence on sorption characteristics relative to chromium anions*. Építőanyag, 62. évf. 2. szám (2010), 43–45. p.

SERÉDI BÉLA 80 ÉVES

Az Szilikátipari Tudományos Egyesület minden tagja nevében köszöntjük Serédi Béla tagtársunkat nyolcvanadik születésnapja alkalmából. Ez az egyszerű, szépen hangzó köszöntő mondat nagyon sok mindent magába foglal, amit érdemes a köszöntéssel mindannyiunk számára tudatosítani. Hiszen, akit most ünnepelünk vezető egyénisége a Szilikátipari Tudományos Egyesület nagy családjának, nemcsak egy szakosztálynak, hanem egyesületünk minden tagjának munkáját figyelemmel kísérő örökifjú, szürke eminenciánsa.

A köszöntés kell, hogy személyes hangú legyen és akkor jó, ha nem is az Ünnepeltről, hanem rólunk, a köszöntőkről szól. A köszöntők ez esetben az Egyesület Kő- és Kavics Szakosztályának tagjai, akik a legszemélyesebb kapcsolatban vannak Bélával és a legtöbbet köszönhetik a szakosztályt támogató munkájának. Rendezvényeink szervezése, egy-egy bányalátogatás, illetve a hagyományosan kétévenként megrendezésre kerülő Kő- és Kavicsbányász Nap nem képzelhető el az Ő aktív szervező munkája nélkül. Szakterületünkön mindenkit ismer, véleményére támaszkodhatunk, ha arról van szó, hogy kit milyen feladattal bízunk meg, azonnal van javaslata mind személyre, mind témára vonatkozóan. Neki köszönhetjük azt a támogatást, melynek alapján az építési kőanyagokra vonatkozó szabványsorozat az

ezerkilencszázhetvenes-nyolcvanas években kidolgozásra kerülhetett, amelynek tudományos eredményei megalapozzák tevékenységünket az európai szabályozási rendben is. Serédi Béla elnöke annak a szakbizottságnak, amelyik a Magyar Szabványügyi Testületben a halmazos termékek szabványosítási kérdéseivel foglalkozik. Rendíthetetlen szorgalma, minden apróságra kiterjedő figyelme megfizethetetlen egy-egy rendelet, vagy felterjesztés átnézésekor.



A Kő és Kavics Szakosztály nagy nyeresége, hogy Ő az egyesület vezetőségének is lelkes munkása. Nem részrehajlóan, de a mi munkánkra odafigyelő, sokszor irányító, hiányosságainkat elnéző vezetőnk. Ezt a munkáját is szívből köszönjük, amikor 80. születésnapja alkalmából minden jót kívánunk a szakterületén meg szokott „JÓ SZERENCSE” köszöntéssel.

AZ SZTE minden tagja nevében
a Kő és Kavics Szakosztály vezetősége

A szubmikronos száraz keverőmalmi őrlés lehetőségei és problémái,

1. rész

RÁCZ ÁDÁM ■ Miskolci Egyetem, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet ■
ejtracz@uni-miskolc.hu

Érkezett: 2010.05.14. ■ Received: 14.05.2010.

Possibilities and problems of the submicron dry grinding in stirred ball mill (Part I)

Growing demand was shown for the products of fine- and ultrafine grinding by the industry. But the production of ultrafine products has several problems, firstly the big specific grinding energy demand. In these days it is unequivocal that the stirred media mills are one of the best equipments for ultrafine grinding. But the optimization of the process is necessary to carry out this procedure economically. The dry ultrafine grinding in stirred media mill is influenced by the following grinding parameters: mill geometry, parameters of the grinding media, grinding time, circumferential velocity of the rotor, ball filling ratio, material filling ratio, use of grinding aid. The biggest problem of the dry stirred ball milling is the aggregation or agglomeration of the particles and material sticking on the grinding media and the mill wall. The general aim is to optimize these parameters to diminish these sticking and agglomeration effects. The objective of this study was to overview the effects of the grinding parameters in case of dry stirred ball milling.

Keywords: ultrafine dry grinding, stirred media mill

1. Bevezetés

A finomörlés és ultrafinom (szubmikronos) őrlés iránt az elmúlt évtizedekben egyre növekvő igényt mutat az ipar. A nagy finomságú őrlmények előállításának több problémája is van, elsődlegesen a nagy fajlagos őrlési energiaszükséglet. A nagy finomságú őrlmények előállításához kezdetben az ásványelőkészítésben elterjedt berendezéseknek számító dobmalomokat, golyósmalmokat alkalmazták ezekre a feladatokra. Idővel viszont nyilvánvalóvá vált, hogy az ultrafinom (szubmikronos) tartományban történő őrléshez ezek a berendezések már nem alkalmazhatóak energiahatékonyan, így egyéb malomtípusok alkalmazása és kutatása került előtérbe. A nedves szubmikronos őrlésre leggyakrabban alkalmazott berendezések az ún. keverőmalomok. A keverőmalomokkal előállított nagy finomságú (<10 μm) termékekre elsősorban a gyógyszeripar, vegyipar, festékipar és kerámiaipar tart igényt. A száraz szubmikronos őrlés területén viszont az aggregáció, agglomeráció, betapadás, nagy fajlagos őrlési energiaigény miatt ez a kérdés eldöntetlen maradt. Jelen tanulmány erre a kérdésre keresi a választ, a száraz keverőmalmi őrlés lehetőségeit és problémáit vizsgálva. A cikk második részének témája a kutatási eredmények részletes bemutatása; az egyes paraméterek hatása az őrlemény szemcseméret-eloszlására, fajlagos felületére és az őrlés energiaigényére.

2. Keverőmalomi őrlés elméleti alapjai

Mára egyértelművé vált, hogy az ultrafinom és szubmikronos tartományában a keverőmalom egyike a legalkalmasabb berendezéseknek. A technológiák ipari körülmények közötti gazdaságosságának feltétele az üzemi paraméterek optimalizálása, ezek a malom geometriája, az őrlőtestek tulajdonságai, a malom üzemeltetési módja és paraméterei, valamint az őrlést segítő anyag használata. Ahhoz, hogy a fentebb írtak szerint gazdasá-

RÁCZ Ádám

(1985) 2008-ban végzett a Miskolci Egyetem, Műszaki Földtudományi Karán, előkészítéstechnikai mérnök szakon. Ugyanebben az évben felvételt nyert a Mikoviny Sámuel Földtudományi Doktori Iskolába, ahol jelenleg másodéves doktoranduszhallgató. Kutatási témája a száraz szubmikronos őrlés, kutatási témavezetője Prof. Dr. Csőke Barnabás.

gossá tudjuk tenni a keverőmalmi őrlést fontos, hogy megértsük a berendezésben lezajló folyamatokat, és azokat elméleti úton megpróbáljuk leírni. *Kwade és szerzőtársai* [1, 2, 3] részletes leírást adtak ezen a téren, a következő megközelítést adták a keverőmalmi őrlésnek. Véleményük szerint a keverőmalmi őrlés hatékonysága alapvetően két fő tényezőtől függ:

- a feladás szemcséi vagy agglomerátumai milyen gyakran vannak igénybevételnek kitéve (igénybevételek száma),
- mekkora az igénybevételek mértéke (nagysága), intenzitása.

Igénybevételek száma

Szakaszos üzemű őrléskor az igénybevételek körülbelüli száma (SN), meghatározható az őrlőtestek ütközésének számából (N_c), a szemcse befogódásának és törésének valószínűségéből (PS) és a feladásban lévő szemcsék számából (N_p).

$$SN = \frac{N_c \cdot PS}{N_p}$$

Kwade és szerzőtársai [1, 2, 3] rámutattak arra, hogy a töltöttségi fok növelésével az őrlőtestek ütközése hatványozottan nő. Az őrlőtestek ütközési száma nedves őrlés esetén összefüggésben van még a szuszpenzió viszkozitásával, továbbá a termék finomságával is. A szemcse befogódásának és törésének valószínűsége több más tényezőtől is függ az őrlési módtól és az anyag törési viselkedésétől.

Igénybevételek mértéke, intenzitása

Az őrlés a keverőmalomokban egyrészt az őrlőtestek egymáshoz ütdésének következménye, vagyis a nagy sebességgel mozgó őrlőtestek nekiütődnek a kisebb sebességgel mozgóknak, az ekkor felszabaduló mozgási energia hasznosítható őrlésre. Másrészt az őrlőtér falának közelében az őrlőtestek nekiütődnek a falnak a centrifugális gyorsulás

következtében. Ebben a zónában a szemcsék az őrlőtestek nyomásának vannak kitéve. Mivel a centrifugális erő hatására kialakuló nyomás igénybevétele relatíve kicsi az őrlőtestek ütközéséből származó kinetikus energiához képest, így azt lehet mondani, hogy az igénybevétel intenzitása az őrlőtestek kinetikus energiájával arányos. Dezaggregálás és könnyen, illetve közepesen nehezen őrlhető kristályos anyagok esetén (pl. mészkő) az anyag rugalmassága sokkal kisebb, mint az őrlőtest rugalmassága, tehát ebben az esetben az őrlésre fordított energia nagysága nem függ az őrlőtest és a feladás anyagától. Ebben az esetben az őrlésre fordított energia arányos az őrlőtestek energiájával.

$$SI \propto SI_{GM} = d_{GM}^3 \cdot \rho_{GM} \cdot v_t^2$$

Ha a feladás anyagának rugalmassága közel azonos vagy nagyobb, mint az őrlőtest anyagának rugalmassága, abban az esetben már ezt is számításba kell vennünk. Kemény anyagok őrlésére a következőkkel lesz arányos az igénybevétel nagysága.

$$SI \propto SI_P = d_{GM}^3 \cdot \rho_{GM} \cdot v_t^2 \left(1 + \frac{El_P}{El_{GM}}\right)^{-1}$$

Az igénybevétel nagysága egy optimummal rendelkező paraméter. Optimumnak ebben az esetben azt nevezzük mikor az agglomerátumok szétesnek vagy a kristályos anyagok szét-törnek. Ha az igénybevétel az optimumtól kisebb, az agglomerátumok és a kristályos anyagok ugyanúgy viselkednek, az igénybevétel növelésével nő a termék finomsága, fajlagos felülete. Azonban ha az igénybevétel nagyobb, mint az optimális, abban az esetben a két eset eltér egymástól. Az agglomerátumok esetén a termék finomsága tovább nem nő, mert már az agglomerátumok szétesnek. Kristályos anyagok esetén az egyre nagyobb igénybevétel hatására egyre finomabb lesz az anyagunk [1, 2, 3].

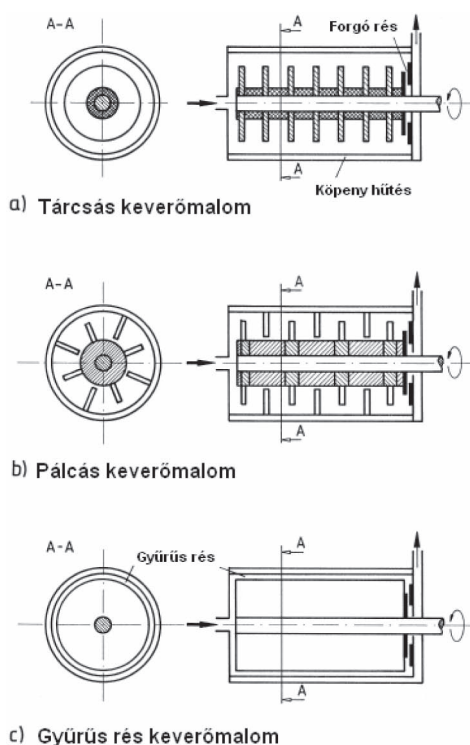
A fajlagos őrlési energia jelentősége

Az igénybevételek számának és az igénybevétel nagyságának mérésére egy jó lehetőség a malom által felvett összes fajlagos energia mérése. A termékre vonatkoztatott fajlagos energia állandó, ha az igénybevételek száma és nagysága állandó, vagy ha az igénybevételek száma állandó, akkor a nagyságuk és a fajlagos energia is állandó. Ezáltal, állandó igénybevétel mellett, a termék finomság összefüggésbe hozható az igénybevételek számával vagy a fajlagos őrlési energiával [1, 2, 3]. Az őrlés során befektetett fajlagos őrlési munka, ill. szükség esetén a Bond-munkaindex meghatározható. Erre vonatkozó mérési és kiértékelési eljárást vezetett be *Mucsi* [13, 14] a laboratóriumi golyós- és keverőmalmi finomőrlés területén.

3. Keverőmalom típusok

Az őrlőtér és keverő geometriája alapján három keverőmalom típus különböztethető meg (1. ábra):

- tárcsás keverőmalom,
- pálcás keverőmalom,
- gyűrűs rés keverőmalom [3].



1. ábra Folyamatos üzemű nedves keverőmalom típusok [3]
Fig 1. Different types of continuous operation wet stirred ball mill

Kwade ezt a csoportosítást folyamatos nedves üzemű berendezésekre tette, azonban ezek a kialakítások száraz szakaszos üzemű berendezésként is üzemeltethetők lennének (forgó rész nélkül), tehát véleményem szerint általánosítható a geometria szempontjából ez a csoportosítás.

A legegyszerűbb keverőmalom kialakítás a tárcsás keverő. Itt, az energiaátadás a keverő és az őrlőtestek között főként súrlódással történik. A tárcsákat el lehet látni lyukakkal, nyílásokkal és/vagy excentrikusan lehet felhelyezni a rotorra. Az így kialakuló helyváltoztató erők által plusz energiaátadás valósítható meg a keverő és az őrlőtestek között [3].

A pálcás keverőmalom pálcái kiszorítván az anyagot, adják át az energiájukat az őrlőtesteknek. Főként, ha a falazaton és a keverőn is található pálcák, akkor a pálcás keverőmalom energiasűrűsége nagyobb, mint a tárcsás keverőmalomé azonos rotor kerületi sebesség mellett. A legnagyobb energiasűrűség az őrlőtérben a gyűrűs rés keverőmalommal érhető el. A gyűrűs rés mérete általában kicsi, 4–10-szerese az őrlőtest átmérőnek. Ha a malomfalazat és a rotor felülete sima, akkor az energiaátadás csak súrlódással történik, ebben az esetben az energiasűrűség nagyon egyenletes. A gyűrűs rés malom kialakításánál is lehet pálcákat felhelyezni a rotorra, minek hatására a helyváltoztató erők is szerephez jutnak. Ezzel a kialakítással még nagyobb energiasűrűség állítható elő. A fent felsorolt előnyök miatt a rés gyűrűs malmot sokan fejlesztik, melynek hatására sok, különböző kialakítás valósult meg [3].

A malom kialakítás egyik fő jellemzője az energia sűrűség, melyet a következő képlettel számíthatunk:

$$P_{v,GC} = \frac{(P - P_0)}{V_{GC}}$$

ahol

$P [W]$ a malom teljesítményszükséglete,

$P_0 [W]$ az üresjárási teljesítményszükséglet, és

$V_{G,C}$ az őrlőtér térfogata [2].

4. Száraz keverőmalmi őrlést befolyásoló tényezők

A száraz keverőmalmi őrlés befolyásoló tényezőket alapvetően öt csoportba sorolhatjuk.

1. malom geometria
 - a. L/D arány
 - b. keverőtárcsák alakja, mérete
2. üzemeltetési mód
 - a. vízszintes vagy függőleges
 - b. szakaszos vagy körfolyamatos
3. üzemeltetési paraméterek
 - a. rotor kerületi sebesség
 - b. anyag töltöttségi fok
 - c. őrlőtest töltöttségi fok
 - d. őrlési idő
4. őrlőtestek
 - a. őrlőtestek anyaga, sűrűsége
 - b. méretük, méret-eloszlásuk
5. őrlést segítő anyag
 - a. adagolás módja (csepegtetés, porlasztás)
 - b. adagolása (m/m%;v/v%)

Malom geometria

A tárcsás malmok tervezésénél fontos szabály, hogy a keverőtárcsa és malomfal közötti távolságnak minimum a legnagyobb őrlőtest átmérőjének az ötszörösének kell lennie [10]. Tehát a malmok mérete korlátozza a használható őrlőtesteket. A tárcsa kialakításának figyelembe kell venni, hogy a legnagyobb igénybevételi erők a keverőtárcsák felületén, illetve a lyukakban alakulnak ki [12].

Üzemeltetési mód

A keverőmalom üzemeltetési helyzete *Kwade* szerint vízszintes helyzetben kedvezőbb, mert ebben az esetben az energiasűrűség eloszlása a malomtérben egyenletesebb, mint függőleges esetben. A malmok folyamatos üzeme előnyt jelent, mert a finom szemek kivétele az őrlőtérből csökkenti a betapadás mértékét.

Rotor kerületi sebessége

A rotor kerületi sebessége jelentősen befolyásolja a malom hőmérsékletét és a betapadás mértékét. Különböző anyagú, sűrűségű és méretű őrlőtestekhez különböző rotor kerületi sebesség az ideális. Adott őrlőtest esetén, ha a rotor kerületi sebessége túl alacsony, a malom nem képes mozgásba hozni a teljes töltetet, illetve a golyók nem rendelkeznek megfelelő kinetikus energiával a szemcsék eltöréséhez. Ha a rotor kerületi sebessége túl nagy, akkor pedig a malom túlmelegedése lesz megfigyelhető, mely a betapadás mértékét jelentősen növelni fogja. Egyre kisebb méretű őrlőtestekhez pedig egyre nagyobb kerületi sebesség megválasztása lesz az optimális, hiszen csak így tudjuk biztosítani a szemcsék eltöréséhez szükséges kinetikus energiát.

Anyag és golyó töltöttségi fok

A keverőmalom őrlőtest töltöttségi foka 50–80% között változtatható, míg az anyag töltöttségi fok 60–100% között. Az anyag töltöttségi fok megválasztásánál figyelembe kell venni, hogy túlzottan nagy érték megválasztásánál a malom üzemeltetése veszélybe kerülhet, mivel a falazatra feltapadó anyag meggátolja az őrlőtér mozgását a malomtsten belül.

Őrlési idő

Ha az őrlési idő függvényében vizsgáljuk az őrlemény finomságát, három különböző szakaszt különíthetünk el egymástól. Az őrlés megindulásakor az anyag aránylag gyorsan finomodik, ezt Rittinger-szakasznak nevezünk, a részecske-kölcsönhatás ekkor elhanyagolhatóan kicsi. Az őrlés előrehaladtával, az őrlemény diszperzitásfokának növekedésével csökken az anyag hibahelysűrűsége és nő a törési szilárdság. Ezzel párhuzamosan megkezdődik a részecskéknek az őrlőtestekre és a malom falára, valamint egymáshoz való tapadása, ezt az aggregációs szakaszának nevezzük. Hosszabb ideig tartó őrlés után a finomság növekedése minimumra csökken, majd teljesen megszűnik, sőt a diszperzitásfok csökkenése, azaz az őrlemény durvulása következik be. Ezen a szakaszon a rideg anyagok általában kristályszerkezeti, illetve mechanokémiai változásokat is szenvednek, ezt az agglomerációs szakaszának nevezzük [7]. A szükséges őrlési időt úgy érdemes meghatározni, hogy az őrlés a Rittinger vagy aggregációs szakaszban fejeződjön be, ha a minél nagyobb diszperzitásfok, vagy fajlagos felület elérése a cél.

Őrlőtestek anyaga és mérete

A megfelelő őrlőtestek kiválasztása igen fontos pontja a száraz keverőmalmi őrlésnek. Egyrészt a golyók méretének, másrészt az anyagának meghatározása is nagy jelentőségű. Nyilvánvaló, hogy finomabb termék eléréséhez egyre kisebb átmérőjű őrlőtestek szükségesek. Az őrlőtestek optimális méretének kiválasztására *Mankosa és szerzőtársai* [11] közöltek egy szabályt, melyet szén nedves őrlésére állapítottak meg. Véleményük szerint az őrlőtestek átmérője és a feladás szemcsemérete között 20:1-hez arálynak kell lenni. Régebben elsősorban üveg őrlőtesteket alkalmaztak, azonban a kerámiaipar fejlődése által elérhetővé váltak a kerámia (Al_2O_3 , ZrO_2) őrlőtestek. Ezeknek nagy előnye, hogy anyaguk inert és a sűrűségük széles skálán mozog, így bármilyen üzemeltetési módhoz ki lehet választani a legmegfelelőbbet. Az őrlőtest anyagának kiválasztásakor legfontosabb szempont az anyag sűrűsége és a keménysége. A nagyobb sűrűségű őrlőtestek azonos méretben nagyobb tömegűek, mint a kisebb sűrűségűek, ezért azok nagyobb igénybevételi erőt képesek kifejteni azonos körülmények között. A keménység kérdése egyrészt a kopás miatt fontos, mely az üzemeltetési költségre és a termék tisztaságára van nagy hatással, másrészt a golyóknak ki kell bírniuk a keverő által közvetített erő hatását [10]. Ha a termék szennyeződése nem megengedett, akkor érdemes olyan malmok alkalmazása, fejlesztése melyben a falazat és az őrlőgolyók anyaga is meg-egyeznek az őrlendő anyaggal.

Örlést segítő anyag adagolása

Az örlést segítő anyagok vizsgálatával hazánkban *Opoczky és Juhász* [5, 6, 7] munkái foglalkoznak átfogóan, ennek eredményeképpen a szilikátipari finomörléshez használatos örlési segédanyagok hatásmechanizmusáról átfogó képet kaptunk. Nyilvánvalóvá vált, hogy száraz finomörlés területén nagyfokú kapacitásnövekedés és szemcseméret-csökkenés érhető el a megfelelő örlést segítő anyagok használatával.

5. Problémafelvetés

A száraz keverőmalmi örlés legnagyobb problémája az anyag örlőtestekre, keverőtárcsákra, malomfalazatra, illetve egymáshoz történő tapadása, mely nyilvánvalóan rontja az örlés hatékonyságát. A cél az örlés gépi és üzemi paramétereinek oly módon történő beállítása és a megfelelő örlést segítő anyag alkalmazása, hogy a tapadás mértéke minél kisebb legyen. A legfontosabb jellemzők, amelyek jelentősen befolyásolják a betapadás mértékét a golyó töltöttségi fok, anyag töltöttségi fok, örlőtest anyaga és mérete, rotor kerületi sebessége, örlési idő, örlést segítő anyag adagolása.

További probléma a malom melege, mely a fentebb felsorolt paraméterekkel összefüggésben van. A keverőmalmi finomörlés során, mint köztudott, a teljes bevitt energia pusztán <1%-a fordítódik ténylegesen örlésre, a fennmaradó energia jelentős része pedig az örlőterben hővé alakul, mely tovább növeli a betapadás mértékét, illetve elősegíti a szemcsék egymáshoz való tapadását. Kísérleteink során nagyon szélsőséges esetek is előfordultak, mikor is a malom belső hőmérséklete 100 °C fölé emelkedett. Összességében, a malomhűtés egy fontos kérdés, melyre tapasztalataink szerint a köpenyhűtés önmagában nem jelent megoldást, továbblépési lehetőség a rotor hűtése lehet.

6. Jelölések listája

- d_{GM} - örlőtestek átmérője [m]
 EI_{GM} - örlőtest rugalmassági modulusa [Pa]
 EI_p - termék szemcsék rugalmassági modulusa [Pa]
 N_C - örlőtestek ütközési száma [-]
 N_p - feladás szemcséinek száma a malomban [-]
 SI_{GM} - örlőtestek igénybevétele [Nm]
 SI_p - szemcséket erő igénybevétel nagysága [Nm]

- SN - igénybevételek száma [-]
 t - örlési idő [s]
 V_{GC} - malom hasznos térfogat [m³]
 v_t - keverő kerületi sebessége [m/s]
 ρ_{GM} - örlőtestek sűrűsége [kg/m³]
 φ_{GM} - örlőtest töltési fok [-]

Felhasznált irodalom

- [1] Kwade, A. – Schwedes, J.: *Breaking characteristic of different materials and their effect on stress intensity and stress number in stirred media mills*. Science direct, Powder Technology
- [2] Breitunk-Faes, S. – Kwade, A.: *Nano particle production in high-power-density mills*. Science direct, Powder Technology
- [3] Kwade, A.: *Wet comminution in stirred media mills – research and its practical application*. Science direct, Powder Technology
- [4] Fadhel, H. B. – Frances, C.: *Wet batch grinding of alumina hydrate in a stirred bead mill*. Science direct, Powder Technology
- [5] Juhász, A. Z. – Opoczky, L.: *Szilikátok mechanikai aktiválása finomörléssel*. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1982
- [6] Opoczky, L.: *Felületaktív anyagok hatása a cementklinker örlési folyamataira*. Építőanyag XXI. Évfolyam, 1969. 5. szám
- [7] Juhász, A. Z. – Opoczky, L.: *Mechanokémia és agglomeráció*. Építőanyag 55. Évfolyam, 2003. 3. szám
- [8] Beke, B. – Opoczky, L.: *Cementklinker örlése nagy finomságra*. Építőanyag, 21. évfolyam, 8. szám
- [9] Opoczky, L.: *A felületaktív anyagok örléstechnológiai alkalmazásának lehetőségei*. Tudományos Közlemények, Budapest, SZIKKTI, 1983
- [10] Hassal, P. – Nonnet, E.: *Optimized media solution for horizontal mills, Grinding and Dispersing with Stirred Media Mills, Research and Application 5*. Colloquium, Braunschweig, 24./25. October 2007
- [11] Mankosa, M. J. – Adel, G.T. – Yoon, R. H.: *Effect of media size in stirred ball mill grinding of coal*. Powder technology 49 (1986), Science direct
- [12] Piechatek, T. – Kwade, A.: *Numerical investigation of stirred media mills based on Discrete Element Method (DEM)*. Grinding and Dispersing with Stirred Media Mills, Research and Application 5. Colloquium, Braunschweig, 24./25. October 2007
- [13] Mucsi, G.: *Fast test method for the determination of the grindability of fine materials*. ELSEVIER, Chemical Engineering Research and Design, Vol. 86/4 (2008) ISSN: 0263-8762 pp. 395–400.
- [14] Mucsi, G.: *Vizsgálati eljárások fejlesztése finom szemcseméretű anyagok örölhetőségének, valamint különleges körülmények mellett történő örlés energiaszükségletének meghatározására*. 2009. május, PhD értekezés

Hivatkozás erre a cikkre:

Rácz. Á.: *A szubmikronos száraz keverőmalmi örlés lehetőségei és problémái, 1. rész*. Építőanyag, 61. évf. 2. szám (2010), 34–38. p.

DIPLOMADÍJ PÁLYÁZAT 2009

A Szilikátipari Tudományos Egyesület 2009-ben is meghirdette Diplomadíj pályázatát.

A pályázat nyertesei:

Szabó Krisztián: *Különböző kohósalakok cementgyártási hidraulikus kiegészítőanyagként való felhasználhatósága* – Megosztott I. díj

Czuppon Gábor: *Könnnyűbeton tartóssági tulajdonságainak vizsgálata* – Megosztott I. díj

Fischer Noémi: *Könnnyített szerkezetű vasbeton gyaloghíd megoldások* – Megosztott II. díj

Zákány Ildikó: *Alkáli aktivált szervesetlen polimerek, mint a kötőanyagok újabb generációja* – Megosztott II. díj

Németh Dóra: *YBa₂Cu₃O₇/Y₂BaCuO₅-ZrO₂ és YBa₂Cu₃O₇/Y₂BaCuO₅-BaZrO₃ rendszerek vizsgálata* – III. díj

Pankhardt Dezső: *Építmények bontásából származó beton és meddőhányóból származó hulladékok adalékanyagként való újrahasznosíthatósága* – Elismerő oklevél

MAGYAR MŰSZAKI ÉRTELMSÉG NAPJA

Kató Aladár, a MATÉSZ elnöke, a TONDACH Magyarország Zrt. vezérigazgatója 2010. május 7-én, a Magyar Műszaki Értelmiség Napja alkalmából Eötvös-díj kitüntetésben részesült. A díjat Varga István NFG miniszter adta át az ipar, a szabványosítás, a mérésügy, a minőségügy, a műszaki biztonsági és piacfelügyelet érdekében végzett kimagasló tevékenysége elismeréseként.

ÉPÍTŐK NAPJA 2010

Az idei Építők Napja alkalmából Miniszteri Elismerő Oklevél kitüntetésben részesül Egyesületünk felterjesztésére **Sas László** tagunk, a Duna-Dráva Cement Kft. laboratórium vezetője, a műszeres anyagvizsgálatok területén elért eredményeiért és a klinker szövet-szerkezetének optikai mikroszkópi vizsgálatához fűződő munkásságáért.

A kitüntetésekhez gratulálunk!

Physicochemical characteristics and behavior of the serpentinite peridotite outcrops of San Jose and New Idria (California, USA) upon heating treatment

NSHAN H. ZULUMYAN ▪ Institute of General and Inorganic Chemistry of National Academy of Sciences of Republic of Armenia ▪ Zulumnshan@rambler.ru

ANNA R. ISAHAKYAN ▪ Institute of General and Inorganic Chemistry of National Academy of Sciences of Republic of Armenia ▪ Isahakyananna@yahoo.com

HAYK A. BEGLARYAN ▪ Institute of General and Inorganic Chemistry of National Academy of Sciences of Republic of Armenia ▪ Hayk_b@mail.ru

Received: 21.12.2009. ▪ Érkezett: 2009.12.21.

The iron magnesia ultra basic serpentinite rocks of San Jose and New Idria (California, USA) have been subjected to physicochemical analysis. Changes in the material's characteristics and behavior as a result of heat treatment have been investigated and quantified by using macro- and microscopic, X-ray and differential thermal analysis. Differences in response to heat treatment were seen for the various samples and could be correlated with the distribution of the ortho- and metasilicate anions participating in the formation of the serpentine silicate lattice (SSL) under hydrothermal conditions. The latter depends on the abundance of the starting minerals in the parent ultra basic rock.

Keywords: serpentinite peridotite, serpentine silicate lattice, silicate anion, Si-O bond

Introduction

Recently a new approach to the thermoacid treatment of serpentinites has opened insights related to the possible use of such rocks [1, 2]. The new approach involves the movement into solution of $(\text{SiO}_4)^{4-}$ orthosilicate anions partitioned from SSL in the form of orthosilicic acid. This has two important implications for serpentinite ultra basic rocks.

First, it provides an avenue that allows one to study and better understand the mechanism and process of serpentine formation under hydrothermal conditions (and some other secondary minerals in our opinion). In other words, it provides an insight into the form and the state of the parent rocks prior to serpentinization. When combined with various physical measurements it provides information about the allocation and the quantity of ortho- and metasilicate anions participating in the formation of the SSL. The latter allows one to differentiate serpentinites according to the character and the behavior of silicate lattice and to try to find an application for serpentinites based on the details of the SSL.

Second, it provides an environmentally friendly, cost-effective, technically achievable, and practical approach for the complex processing of the above-mentioned rocks. This method will allow one to obtain compounds of magnesium and iron with high yields and also light silica and aqua silica gels with unique physicochemical properties [3–7]. Following the aforementioned processing, the residue will be rich in compounds of chrome, cobalt, nickel, etc., which could be extracted with further processing. The quality and quantity of the unreacted residue will be dependent on the properties of the parent rock and its degree of serpentinization.

Dr. Nshan ZULUMYAN

(1946) is chemist, graduated in 1971 at Yerevan State University. He is head of laboratory and the assistant director at the Institute of General and Inorganic Chemistry of National Academy of Sciences of Republic of Armenia. He has about 80 scientific published works devoted to serpentinites processing, the research of serpentine structure features, the investigation of Si-O bonds in serpentine and other different silicate compounds, mechanochemical activation, corundum and silicon synthesis.

Dr. Anna ISAHAKYAN

(1966) is engineer-chemist-technologist, graduated in 1989 at Yerevan State Polytechnic Institute with honours and got degree with distinction. She is going to become a PhD. She is scientific associate at the Institute of General and Inorganic Chemistry of National Academy of Sciences of Republic of Armenia. She has about 20 scientific published works devoted to serpentinites processing, the research of serpentine structure features, mechanochemical activation, corundum and silicon synthesis.

Dr. Hayk BEGLARYAN

(1982) is chemist, graduated in 2005 at Yerevan State University. He is scientific associate the Institute of General and Inorganic Chemistry of National Academy of Sciences of Republic of Armenia and a lecturer at the Yerevan State University. He has about 14 scientific published works devoted to chemical transport reactions and the research of serpentine structure.

On the one hand, the work done will add to the geological knowledge about these rocks, while on the other hand, it will allow selection of the appropriate rock processing parameters for industry.

To date, only a limited number of ultrabasic rocks samples taken from different deposits in Armenia (mainly apodunite serpentinites) have been investigated using the thermoacid treatment in conjunction with other physicochemical methods [8]. The results of these investigations have shown that the success of any thermoacid treatment of serpentinites by industry will be highly dependent on the "genetics" of their silicate lattice (SL), while the mineral morphology will play only a minor role [9].

The results of the analogous studies of peridotite serpentine samples from San Jose (SJ-1, SJ-2) and New Idria (NI-1) (California, USA) deposits are given in this article [10, 11].

The present article reports the results of a physicochemical investigation of the SJ-1, SJ-2 and NI-1 samples. By comparing the results of these new samples with those previously determined for the Armenian samples we will attempt to draw conclusions about the silicon lattice structure based on the quantity and relative concentrations of ortho- and metasilicate anions.

Experimental

Original mineral serpentine from locality San Jose and New Idria (California, USA) was used. The chemical composition of serpentine powder was determined by a chemical analysis.

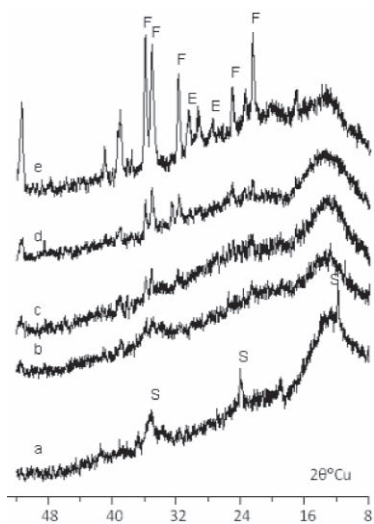


Fig. 3. The X-ray powder diffraction patterns of the SJ-1 heat-treated at the temperatures: a – 600 °C; b – 650 °C; c – 700 °C; d – 750 °C; e – 850 °C. S – serpentine; F – forsterite; E – enstatite

3. ábra Különböző hőmérsékleteken kezelt SJ-1 minta röntgen porrdiffraktogramjai: a – 600 °C; b – 650 °C; c – 700 °C; d – 750 °C; e – 850 °C. S – szerpentin, F – forszterit, E – entsztatit

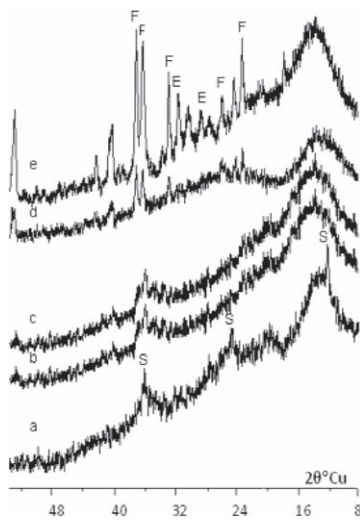


Fig. 4. The X-ray powder diffraction patterns of the SJ-2 heat-treated at the temperatures: a – 600 °C; b – 650 °C; c – 700 °C; d – 750 °C; e – 850 °C. S – serpentine; F – forsterite; E – enstatite

4. ábra Különböző hőmérsékleteken kezelt SJ-2 minta röntgen porrdiffraktogramjai: a – 600 °C; b – 650 °C; c – 700 °C; d – 750 °C; e – 850 °C. S – szerpentin, F – forszterit, E – entsztatit

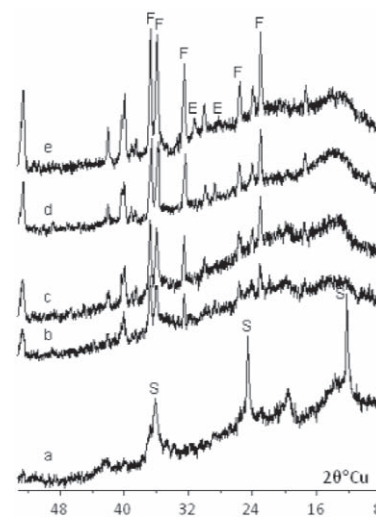


Fig. 5. The X-ray powder diffraction patterns of the NI-1 heat-treated at the temperatures: a – 600 °C; b – 650 °C; c – 700 °C; d – 750 °C; e – 850 °C. S – serpentine; F – forsterite; E – enstatite

5. ábra Különböző hőmérsékleteken kezelt NI-1 minta röntgen porrdiffraktogramjai: a – 600 °C; b – 650 °C; c – 700 °C; d – 750 °C; e – 850 °C. S – szerpentin, F – forszterit, E – entsztatit

By comparing the X-ray diffraction data and the results of the differential thermal analysis of the heat-treated samples we conclude that the endothermic effects curves of the SJ-1 and SJ-2 samples are more intense since they are the result of the two endothermic effects: the removal of constitutional water and the decomposition of most of the SSL, neither of which are not compensated for by the exothermic formation of forsterite and/or enstatite. In this case the recrystallization of the lattice into forsterite does not begin until the SSL is nearly completely broken down. The less intense nature of the analogous curve for the NI-1 sample is likely to be due to the overlap of the two endothermic effects with the exothermic forsterite formation. In fact, for the NI-1 sample, the removal of constitutional water may be accompanied by the nearly simultaneous rearrangement of the SSL into the forsterite lattice.

The results of numerous experiments suggest that in the temperature range of 600–750 °C the formation of forsterite starts in one of two ways. The route chosen depends on the location of the $(\text{SiO}_4)^{4-}$ anions. It is the author's opinion that in this temperature range forsterite formation is predominantly the result of the migration of a certain number of orthosilicate anions that are located side by side. However, all the metasilicate anions which are surrounded by $(\text{SiO}_4)^{4-}$ anions cannot be involved in the formation of enstatite. At higher temperatures the formation of forsterite can be explained by the migration and bonding of Mg^{2+} and $(\text{SiO}_4)^{4-}$ ions. The migration of the $(\text{SiO}_4)^{4-}$ anions allows the formation of enstatite by releasing the metasilicate anions. Thus the degree of decomposition of the SSL and the number of metasilicate anions can be judged from the amount of the enstatite formed at the temperature 850 °C and by its increase at higher temperature. By combining the determination of the fractional enstatite and forsterite formation at temperatures between 600 °C and 850 °C from X-ray diffraction data with the results of the differential

thermal analysis (DTA) at temperatures below 850 °C it is possible to determine the number and location of the $(\text{SiO}_4)^{4-}$ and $[(\text{SiO}_3)^{2-}]_n$ anions in the SSL.

The above argument is based on the formation of new Si–O bonds that result as the parent silicate rock is transformed into serpentine under hydrothermal conditions. These newly formed Si–O are thought to be weaker than the standard Si–O and Si–O–Si bonds formed by ortho- and metasilicate anions that remain from the parent material. In other words, during the initial formation of the SSL under hydrothermal conditions at temperature below about 500 °C [13], the newly formed Si–O bonds yield to the original Si–O and Si–O–Si bonds of the parent rock from which the serpentine formed. This leaves isolated tetrahedrons and metasilicate anions in the resulting “lattice” which are only weakly bound because of the absence of full π -bonds that result from the free d- orbital of silicon and the unshared electron pair of oxygen [14].

The above promotes the cutting of the newly formed bonds during heat treatment. Therefore the initial number of the ortho- and metasilicate anions participating in the SSL formation mainly predetermines the quantity of the partitioned versus “free” orthosilicate anions that results from the heat treatment of serpentines. Evidence for this comes from the fact that after thermo acid treatment of the serpentinites which were formed from pyroxenites, the amount of orthosilicic acid released into solution is several times less than that for apodunite serpentinites [9] which were subjected to the same treatment. In other words, for heat-treated serpentinites, the combination of the initial temperature of forsterite formation and its dynamics as a function of temperature below 850 °C allows one to determine the approximate proportion and allocation of the ortho- and metasilicate anions that participated in the SSL formation.

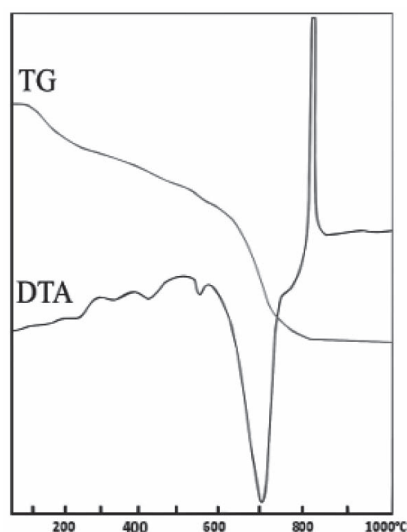


Fig. 6. Differential thermal curves for the apodunite serpentinite sample Sh-3. TG = Thermo gravimetric or weight loss curve, DTA = Differential Thermal Analysis curve. The vertical axis label applies to the DTA curve

6. ábra Az Sh-3 jelű, apodunit szerpentin minta DTG görbéi. TG - termogravimetriás vagy tömegvesztési görbe, DTA - differenciális termikus analízis görbe. A függőleges tengely beosztása a DTA görbére vonatkozik

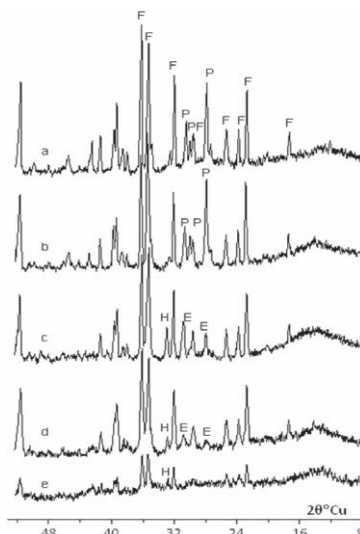


Fig. 7. The X-ray powder diffraction patterns of the Sh-3 heat-treated at the temperatures: a - 1260 °C; b - 1160 °C; c - 1000 °C; d - 850 °C; e - 680 °C. F - forsterite; E - enstatite; H - hematite; P - protoenstatite

7. ábra Különböző hőmérsékleteken kezelt Sh-3 minta röntgen porrdiffraktogramjai: a - 1260 °C; b - 1160 °C; c - 1000 °C; d - 850 °C; e - 680 °C. F - forsterit, E - entsztatit, H - hematit, P - protoensztatit

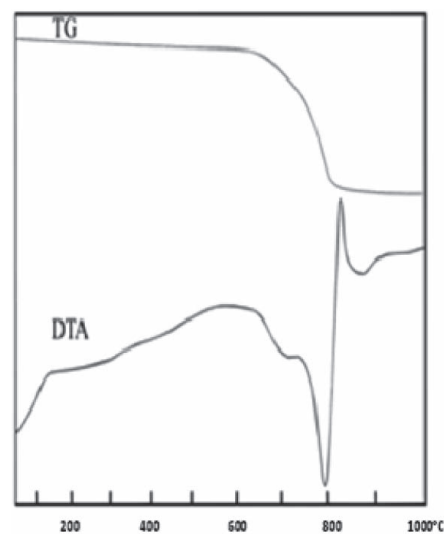


Fig. 8. Differential thermal curves for the apopyroxenite serpentinite sample 4147B. TG = Thermo gravimetric or weight loss curve, DTA = Differential Thermal Analysis curve. The vertical axis label applies to the DTA curve

8. ábra A hőkezelt 4147B jelű apopiroxenit minta DTA görbéi. TG - termogravimetriás vagy tömegvesztési görbe, DTA - differenciális termikus analízis görbe. A függőleges tengely beosztása a DTA görbére vonatkozik

Let us now consider several variants of the formation of the SSL and the behavior of the resulting serpentinites upon heating.

1. Apodunite serpentinite: in this case great number of $(\text{SiO}_4)^{4-}$ anions must participate in forming the SSL. It is natural to suppose that during the thermal decomposition of this serpentinite, the breakdown of the SSL proceeds by rupturing a great number of the new bonds that formed during the serpentinite formation. The result is number of $(\text{SiO}_4)^{4-}$ anions that are side-by-side which can immediately form forsterite. However, at temperature below 800 °C the majority of the released $(\text{SiO}_4)^{4-}$ anions remain partitioned. At temperatures above 800 °C these become highly mobile allowing forsterite formation to proceed rapidly. The evidence for this process is the intensive exothermic peak on the DTA curve (Fig. 6.) and in the X-ray powder diffraction patterns (Fig. 7.) of the Sh-3 sample, which is an Armenian lizardite apodunite.

2. Apopyroxenite serpentinite: here a great number of $[(\text{SiO}_3)^{2-}]_n$ anions participate in the SSL formation. During the thermal decomposition of the SSL these $[(\text{SiO}_3)^{2-}]_n$ anions will be released. For this serpentinite, the forsterite formation is observed only at temperatures higher than 750 °C and strong endothermic and weak exothermic peaks are seen in the DTA curve. The latter is the result of the formation of both forsterite and enstatite, with the weakness of the exothermic peak being due to the small number of free $(\text{SiO}_4)^{4-}$ anions present. A previous investigation of an apopyroxenite serpentinite showed that significant amounts of enstatite are already observed at the temperature of 750 °C in the XRD graphs. It's clearly seen on the DTA curves (Fig. 8.) and in the X-ray powder diffraction patterns (Fig. 9.) of the Armenian sample 4147B, which is an apopyroxenite serpentinite.

3. Apoperidotite serpentinite: this form of serpentinite is characterized by a range of behavior which depends on the allocation of the $(\text{SiO}_4)^{4-}$ and $[(\text{SiO}_3)^{2-}]_n$ anions participating in the SSL formation and their initial coordination. Let us consider one of the possible variants where we assume we have a comparable quantity of $(\text{SiO}_4)^{4-}$ and $[(\text{SiO}_3)^{2-}]_n$ anions participated in the SSL formation. Even here there are at least two different possible behaviors that result from the heating of the serpentinite: a) There is an even distribution of the abovementioned anions throughout the SSL: in this case, due to the required migration of the $(\text{SiO}_4)^{4-}$ anions, the forsterite formation only begins at temperatures in excess of 750 °C. The initial stage of the serpentinite decomposition is impeded by the shortage of $(\text{SiO}_4)^{4-}$ anions which are located side by side (for example, for the SJ-1 and SJ-2 samples); b) There is an equal allocation but non-uniform distribution of $(\text{SiO}_4)^{4-}$ and $[(\text{SiO}_3)^{2-}]_n$ anions: in this case because a considerable quantity of $(\text{SiO}_4)^{4-}$ anions will be located side by side, the exothermic forsterite formation and endothermic SSL decomposition can proceed simultaneously thereby largely compensating one's heat release by the other's heat requirement. The result is the observation of a less intense endothermic peak as well as a less intense exothermic peak (for example, for the NI-1 sample). The above effect is also expected to cause the decomposition to begin at lower temperatures. Thus at temperatures higher than 750 °C only a small quantity of $(\text{SiO}_4)^{4-}$ anions is expected to remain, resulting in a smaller exothermic forsterite peak at these higher temperatures. This effect is observed in the DTA curve of Fig. 2. (b).

It should be noted that since both the enstatite and forsterite formation reactions are exothermic, both will contribute to the exothermic peak seen. (On a per gram basis, thermodynamic

data indicate that the exothermicity of forsterite formation is about 1/3 greater than that of enstatite formation.) The existence of both enstatite and forsterite is seen in the XRD analysis of the samples annealed at the temperature 850 °C (Fig. 3. (e); Fig. 4. (e); Fig. 5. (e)).

From the above, it is evident that one will only be able to predict the behavior and the ability to potentially utilize a given serpentinite sample by a combination of differential thermal, XRD and chemical analysis.

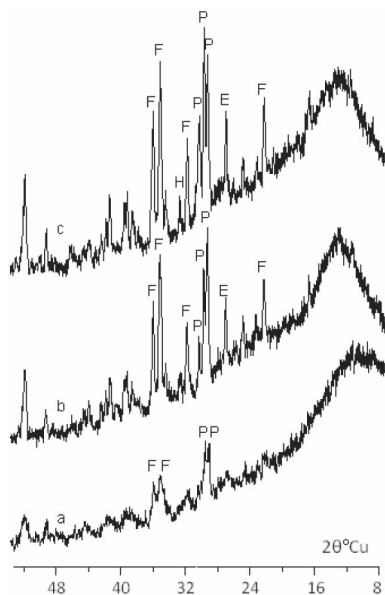


Fig. 9. The X-ray powder diffraction patterns of the 4147B heat-treated at the temperatures: a – 650 °C; b – 720 °C; c – 850 °C. F – forsterite; E – enstatite; P – pyroxene; H – hematite

9. ábra A különböző hőmérsékleteken kezelt 4147B minta röntgen pordiffraktogramjai: a – 650 °C; b – 720 °C; c – 850 °C. F – forszterit, E – entsztatit, P – piroxén, H – hematit

Conclusions

1. In case of the SJ-1 and SJ-2 heat-treated serpentinite samples, the bulk of the forsterite only begins forming at temperatures above 750 °C and this process is being accompanied by a large exothermic peak in the DTA curve.

2. In case of the NI-1 heat-treated serpentinite sample, noticeable amounts of forsterite already appear at a temperature of 650 °C and this process is simultaneously accompanied by the SSL decomposition. As a result, the endo- and exothermic peaks in the DTA curve are not very intense.

3. The SJ-1, SJ-2 and NI-1 samples which are all apoperidotite serpentinites are characterized by different behaviors which depend on the relative allocation of ortho- and metasilicate anions and their distribution within the SSL. The samples SJ-1 and SJ-2 SL are characterized by a more uniform distribution of anions than in the NI-1 sample.

Acknowledgment

Authors are very grateful to Dr. Robert G. Coleman for providing the SJ-1, SJ-2 and NI-1 samples and information about them.

References

- [1] Zulumyan, N. – Isahakyan, A. – Hovhannisyan, Z.: *A new promising method for processing of serpentinites*, Rus. J. of Appl. Chem., Vol. 80, No. 6, pp. 1020–1022. DOI: 10.1134/S1070427207060353 (2007).
- [2] Patent RA 1339 A2, 2003.
- [3] Patent RA 1536 A2, 2004.
- [4] Patent RA 1576 A2, 2005.
- [5] Avetisyan, A. – Gevorgyan, A. – Harutyunyan, A. – Pirumyan, G. – Zulumyan, N.: *New methods of wastewater purification*, World Water and Environmental Resources Congress 2005: Impacts of Global Climate Change, Anchovag, USA, May 15–19, pp.437–440 (2005).
- [6] Zulumyan, N. – Torosyan, A. – Hovhannisyan, Z. – Ghazaryan, S.: *The Influence of Mechanical Processing on the Process of Thermal Reduction of SiO₂ by Al and Characterization of the Formed Si–Al₂O₃ Powdered and Compacted Composites*, TMS 2005 Annual Meeting & Exhibition, 13–17 February, San Francisco, California, USA, pp.779–785 (2005).
- [7] Torosyan, A. – Takacs, L. – Zulumyan, N. – Tataryan, A.: *Mechanically Induced Modification of an Al Surface and the Synthesis of Ceramic Coatings by Milling in SiO₂ Particles*, TMS 2005 Annual Meeting & Exhibition, 13–17 February, San Francisco, California, USA, pp. 121–126 (2005).
- [8] S. Abovyan: *Geology and the minerals of the northeastern coast of Lake Sevan*. NAS RA, Yerevan, 1961.
- [9] Zulumyan, N. – Abovyan, S. – Hovhannisyan, Z. – Ghazaryan, S.: *Problems on development of serpentine-forming processes in ultramafics*, Sciences about the Earth, NAS RA, 56(3), pp. 29–34 (2003).
- [10] Coleman, R.: *New Idria Serpentine: A Land Management Dilemma*, Environmental & Engineering Geoscience, 2(1), pp. 9–22 (1996).
- [11] Coleman, R.: *Prospecting for ophiolites along the California continental margin*, Geological Society of America Special Paper 349, pp. 351–364 (2000).
- [12] Zulumyan, N. – Hovhannisyan, Z. – Karakhanyan, S.: *Physicochemical character of the several ultra basic rocks of the northeastern coast of the lake Sevan*, Chem. J. of Armenia, 55(4), pp. 33–41 (2002).
- [13] Deer, W. – Howie, R., – Zussman, J.: *Rock-forming minerals*. V. 3, London, 1962.
- [14] Akhmetov, N.: *Inorganic chemistry*. High school, Moscow, 1975.

San Jose-ból és New Idria-ból (Kalifornia, USA) származó serpentin periodit rétegekibukkanások fizikai-kémiai jellemzői és hőkezelés közbeni viselkedése

San-Jose-ból és New Idria-ból származó, vas- és magnézium-oxid tartalmú, ultra-bázikus serpentin kőzetek fizikai-kémiai jellemzőit vizsgáltuk. Tanulmányoztuk az anyagi jellemzők változásait és a hőkezelés közbeni viselkedést. A mennyiségi adatok meghatározásához makro- és mikroszkópos vizsgálatokat, röntgen-diffrakciós fáziselemzéseket és differenciális termikus elemzéseket végeztünk. A különböző minták hőkezelés során különbözőképpen viselkedtek. A termikus viselkedés azon orto- és metaszilikát anionok eloszlásával függött össze, amelyek a serpentin szilikát rács (SSL) hidrotermális körülmények közötti kialakulásában fontos szerepet játszottak. A kialakulási folyamat függ a megfelelő ultra-bázikus kőzetekben jelenlevő ásványok gyakoriságától.

Kulcsszavak: serpentin periodit, serpentin szilikát rács, szilikát anion, Si–O kötés

Citation to this article:

Zulumyan, N. H. – Isahakyan, A. R. – Beglaryan, H. A.: *Physicochemical characteristics and behavior of the serpentinous periodite outcrops of San Jose and New Idria (California, USA) upon heating treatment*. Építőanyag, 62. évf. 2. szám (2010), 50–54. p.

Investigation of Central Anatolian region Nigde-Dikilitas (Turkey) clays by FTIR spectroscopy

BURHAN DAVARCIOGLU ▪ Department of Physics, University of Aksaray, Turkey ▪

burdavog@hotmail.com

Received: 17.11.2009. ▪ Érkezett: 2009.11.17.

The clay samples taken from studied area Nigde-Dikilitas located place in the northeast part of Nigde province in the Central Anatolian region have been investigated by means of FTIR spectroscopy. Firstly, the FTIR spectra of beidellite, illite, illite-smectite mixed layer, kaolinite, chlorite (ripidolite), nontronite, montmorillonite, Ca-montmorillonite, Na-montmorillonite known as standard natural clays and then anhydrite, gypsum, quartz+feldspar, illite+quartz+feldspar clays to be found in clays with the standard clays have been also taken, respectively. The minerals have been determined by comparing the spectrum of every sample with the spectra of the standard clays and combined clays. It has been observed that the existence of the O-H, Al-Al-OH, Al-Mg-OH, and Si-O-Si groups in the FTIR spectrum measurements of the samples belonging to the lower, middle and upper levels of Dikilitas clay profiles (D1), (D2, D3), and (D4), respectively. In addition, it has been found that these samples including quartz, amorphous silica, feldspar, and Na-montmorillonite and these silicate samples have a T-O-T (tetrahedral-octahedral-tetrahedral) smectite structure.

Keywords: Nigde, clay, FTIR, montmorillonite, feldspar, smectite

1. Introduction

Clay is a general name for an important mineral group which is used for the production of great number products, encompasses every part of daily life, such as from soil to ceramics and from fine arts to advanced technological industry [1]. The past few decades have seen increasing use clays in a wide range of fields such as production from paper industry to ceramics, bleaching of the vegetable oils, beer, wine and fruit juices, cleaning of the radioactive wastes and waste waters, and production of drugs, perfumes, soaps, detergents, rubbers and plastics [1, 2, 3 and 4]. Researchers are interested in studying the physical and chemical properties of the clays to increase their applications in different fields [5].

The structure of the clay organic complexes has been the subject of many researches since 1930 [6]. Some clay minerals having large surface area, high ion exchange capacity and molecular grid properties have been pioneered for the development of many new products [4]. On the other hand, it is very important to know the chemical properties of the clays in applications. One of the methods applied is the FTIR (Fourier Transform Infrared) spectroscopy [7, 8, 9 and 10]. Significant number of studies, generally on the geology of the study area is available in the literature. However, particularly one of them, which are more comprehensive study in terms of geology and mineralogy, deserves to be mentioned here. Therefore, many studies have been carried out to determine the chemical properties of the Anatolian clays [9, 10 and 16]. In this kind of studies, FTIR spectrophotometer is one of the most employed methods.

An earlier attempt to determine the chemical properties of the Anatolian clays using the FTIR spectroscopy was successful to certain extent [11]. In this study, the adsorption of 2, 2'-biquinoline onto natural and ion-exchanged montmorillonite and saponite from Anatolia (Turkey) have been studied. In a

similar study, the adsorption of 3-aminopyridine by natural sepiolite and montmorillonite from Anatolia (Turkey) have been investigated in the temperature range from 20 to 125 °C using a variable temperature unit [12]. They have also studied the adsorption of pyrimidine on natural montmorillonite and sepiolite from Turkey [13]. In addition to these studies, there are some studies carried out on the clays which take place in the studied area. In one of these studies, Dikilitas clays (Fig. 1.) have been studied and it has been determined that the clays belonging to lower level, middle level, and upper level have been formed with sand and gravel having a color yellow-gray, greenish and red, respectively [14]. In the same region, the other study has been carried out on the geological formation of the clays by a researcher [15]. He has shown that the clays have been deposited terrestrial and lacustrine. But, no study on the quality and the quantity of the region's clays has been documented yet.

Along with XRD (X-ray powder diffraction), the FTIR investigation in clay mineral speciation could be regarded as useful and multipurpose application since some physical details of clay lattices and experimental qualitative correlation between the samples were made possible. Besides, for the minerals that were observed with the both techniques, functional groups could only be determined through the FTIR spectra. Therefore, qualitative and quantitative speciation of the minerals by employing the FTIR spectroscopy is very important and promising. In this study, the clay samples taken from Nigde-Dikilitas located in the Central Anatolian (Turkey) have been investigated by using the FTIR spectroscopy.

2. Materials and methods

A combined profile representing the constructed profiles chosen for this and nearby area was shown in Fig. 1.

Dr. Burhan DAVARCIOGLU

Hacettepe University, Ankara-Turkey, Faculty of Engineering in 1978, enters as the Engineer graduated from the Physics. Nuclear Medicine Department in the years 1984-1985 at Hacettepe University, Radiation Physics and Radioisotope Laboratories has participated in the creation work. Works as a Research Fellow (1985-1993) in Gazi University, Institute of Science and Technology, Department of Physics, in 1987, "Solid-State Lasers" with his Master's thesis, and in 1992, "Some Complex and Clathrates Infra-red Spectroscopy Investigation" of the named PhD thesis completed. Faculty Member appointed as he took active part in the founding, Nigde University in 1994, Faculty of Arts and Sciences Department of Physics and Institute of Science and Technology the establishment of many administrative tasks found. Turkish National Committee on Clay Science is member and New York Academy of Sciences is an active member. Papers presented at the international level to the majority and the broadcast Dr. Davarcioglu's many references were made to run. Of interest related to the study of various summer schools participated. Since the year 2000, industrial raw materials quality and quantity of clay, by means of the spectroscopic identification of the work operates. Aksaray University, was appointed in April of 2007 to the relay.

The clay samples were taken from three different levels shown in the lithostratigraphic columnar section of a selected locality in Nigde-Dikilitas region (Fig. 2.). The samples taken from lower level, middle level and upper level labeled as (D1), (D2, D3), and (D4), respectively.

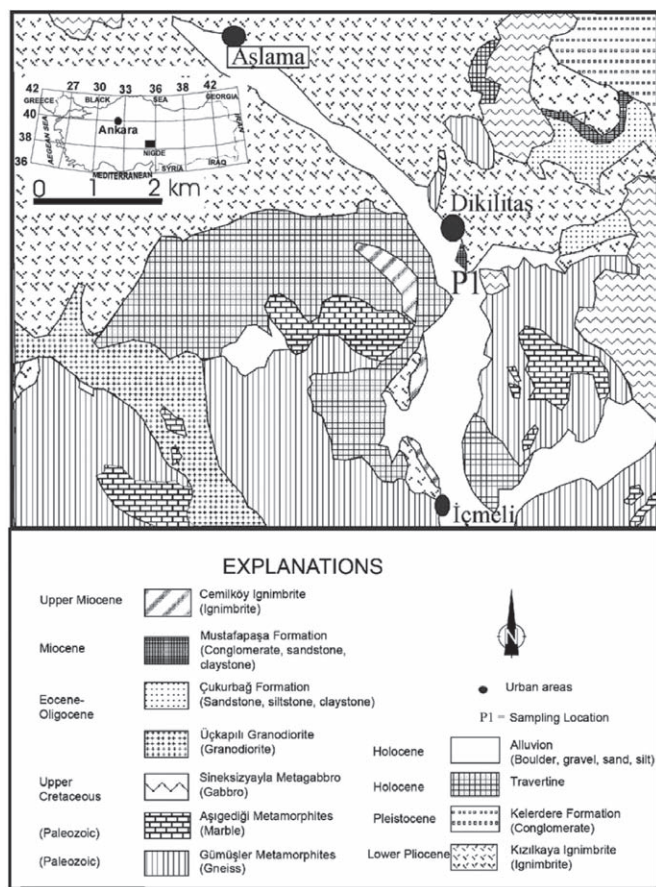


Fig. 1. Generalized geological map of the study area [16]
1. ábra A vizsgált terület általános geológiai térképe [16]

The following processes were applied to prepare the samples for the FTIR measurements. Samples were ground into powder. Powdered samples were alternately washed with pure water, ethyl alcohol, and ether. Then, they were dried in an oven at 110 °C for 24 hours. These samples were prepared applying the disc technique (mixing ~1 mg clay sample with ~200 mg KBr) and put in molds. These intimate mixtures were then pressed at very high pressure (10 tons per cm²) to obtain the transparent discs, which were then placed in the sample compartment. Bruken Equinox 55 Fourier transform FTIR spectrophotometer (Department of Physics, Middle East Technical University, Ankara-Turkey) was used for the IR spectral measurements of these samples with standard natural clay and the spectra were recorded over the range of 5000–370 cm⁻¹ (% transmission versus cm⁻¹). Before taking the spectra measurements of the samples, spectrophotometer was calibrated with polystyrenes and silicate oxide of thickness 0.05 nm.

On the other hand, the infrared spectra of the beidellite (SBId-1; Idoha, USA), illite (IMt-1; Silver Hill, Montana, USA), illite-smectite mixed layer (ISMt-1; Mancos Shale, Ord.), kaolinite (KGa-1; Washington Country, Georgia, USA), chlorite (ripidolite, CCA-1; Flagstaff Hill, El Dorato Country,

California, USA), nontronite (NAu-2; Uleyline, South Australia), montmorillonite (SCa-3; Otay, San Diego Country California, USA), Na-montmorillonite (SWy-1; Crook Country, Wyoming, USA), and Ca-montmorillonite (STx; Gonzales Country, Texas, USA) known as standard natural clays were taken, since those spectra were necessary for the analyses of subject samples.

A second treatment was employed only to the clay sample taken from the lower level (D1) to see whether there is a change in the structure of the samples or not due to FTIR spectrum measurements. For this procedure, HCl, bicarbonate (Na₂CO₃), and sodiumdithionit (Na₂S₂O₄), and sodiumstrate (Na₃C₆H₅O₇) liquids were added to the sample to remove carbonates (mainly calcite and dolomite), amorphous materials and manganese oxides, which were expected to be present. This mixture was treated in an oven at 120 °C for 24 hours and washed using ethyl alcohol and ether until complete removal of those unwanted components was achieved. The FTIR spectrum of the precipitate was then taken.

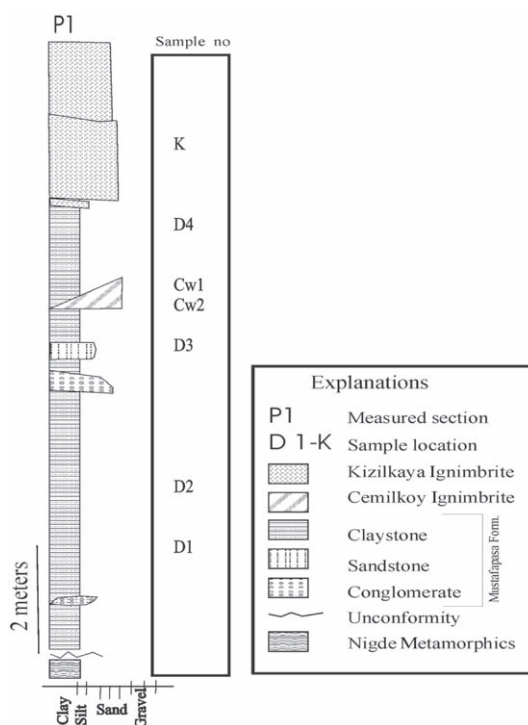


Fig. 2. Generalized lithostratigraphic columnar section of Nigde-Dikilitas [16]
2. ábra A Nigde-Dikitas előfordulás általános lithostratigráfiai keresztmetszete [16]

The chemical analyses of the clay samples were carried out at the General Directorate of Mineral Research and Exploration (MTA, Ankara-Turkey) laboratories. Major oxide composition of the samples representing the lower, middle and upper parts of the profile was as follows;

- for the lower part (D1): 64.06% SiO₂, 0.58% TiO₂, 12.18% Al₂O₃, 5.97% Fe₂O₃, 0.03% MnO, 1.89% MgO, 0.96% CaO, 1.63% Na₂O, 1.44% K₂O, 0.132% Cr₂O₃, 0.03% P₂O₅;
- for the middle part (D2): 65.45% SiO₂, 0.59% TiO₂, 11.80% Al₂O₃, 5.83% Fe₂O₃, 0.16% MnO, 2.22% MgO, 1.22% CaO, 1.63% Na₂O, 1.45% K₂O, 0.102% Cr₂O₃, 0.04% P₂O₅;

- for the middle part (D3): 68.83% SiO₂, 0.56% TiO₂, 11.26% Al₂O₃, 4.96% Fe₂O₃, 0.10% MnO, 1.90% MgO, 1.07% CaO, 1.78% Na₂O, 1.60% K₂O, 0.114% Cr₂O₃, 0.06% P₂O₅;
- and for the upper part (D4): 59.53% SiO₂, 0.63% TiO₂, 13.56% Al₂O₃, 7.05% Fe₂O₃, 0.15% MnO, 2.64% MgO, 1.28% CaO, 1.03% Na₂O, 1.49% K₂O, 0.057% Cr₂O₃, 0.01% P₂O₅. These data suggest that the clays of the region are essentially rich in SiO₂ and Al₂O₃.

3. Results and discussion

FTIR spectra of the samples taken from lower level (D1), middle level (D2), and upper level (D4) of Nigde-Dikilitas (Turkey) clay profile are given in Figs. 3–5., respectively.

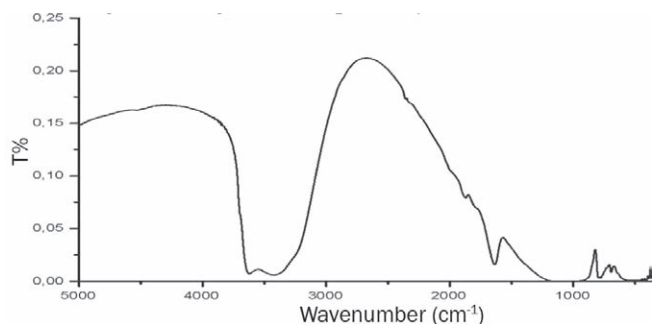


Fig. 3. FTIR spectrum of the clay sample taken from the lower level (D1) of Nigde-Dikilitas profile

3. ábra A Nigde-Dikilitas előfordulás alsó szintjéről vett (D1) agyagminta FTIR spektruma

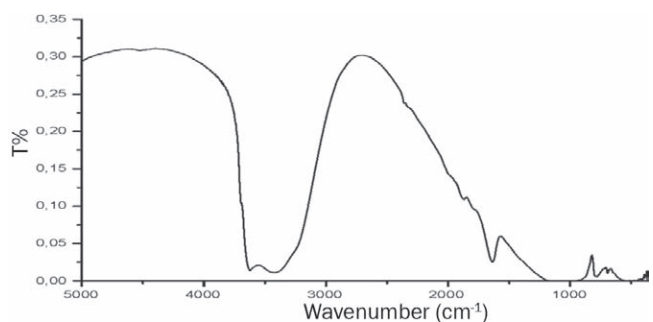


Fig. 4. FTIR spectrum of the clay sample taken from the middle level (D2) of Nigde-Dikilitas profile

4. ábra A Nigde-Dikilitas előfordulás középső szintjéről vett (D2) agyagminta FTIR spektruma

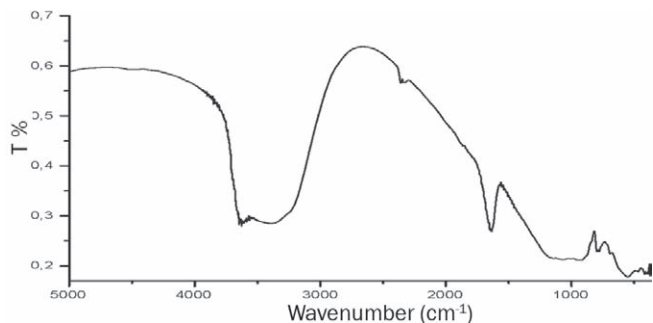


Fig. 5. FTIR spectrum of the clay sample taken from the upper level (D4) of Nigde-Dikilitas profile

5. ábra A Nigde-Dikilitas előfordulás felső szintjéről vett (D4) agyagminta FTIR spektruma

The assignments of the vibration bands of the samples were carried out as stated in the materials and methods: using the fundamental vibration frequencies of the clays known as the World Source Clay Minerals (standard natural clay), each of the vibration bands corresponding to which clay species in the spectra of the samples were determined and results for the clay samples given below and the results obtained for each clay sample representing certain levels within the profiles were given in Table 1.

Fundamental vibrational frequencies of illite standard natural clay (cm⁻¹)

v(OH) stretching	3622
v(Si-O) normal to the plane stretching	1090
v(Si-O) planar stretching	1031
(Al-Al-OH) deformation	916
(Al-Mg-OH) deformation	832
(Al-O-Si) inner surface vibration	756
OH deformation	688
OH deformation	622
(O-Si-O) bending	525
(O-Si-O) bending	468 [17]

Fundamental vibrational frequencies of chlorite (ripidolite) standard natural clay (cm⁻¹)

v(OH) stretching	3662
v(OH) stretching	3565
v(OH) stretching	3434
v(SiO) stretching	988
M-OH stretching	819
Si-O deformation	766
OH deformation	667
(Si-O-Al) deformation	543
(Si-O-Mg) deformation	441 [17]

Fundamental vibrational frequencies of Na-montmorillonite standard natural clay (cm⁻¹)

Inner-layer OH, (Al-O...H) stretching	3680
v(OH) stretching "shoulder"	3627
v(OH) stretching	3622
(Al-Al-OH) deformation	920
(Al-Fe-OH) deformation	890
(Al-Mg-OH) deformation	875
M-OH stretching	805
OH deformation	620
(O-Si-O) bending	520
(O-Si-O) bending	468 [18]

Fundamental vibrational frequencies of Ca-montmorillonite standard natural clay (cm⁻¹)

Inner-layer OH, (Al-O...H) stretching	3670
v(OH) stretching "shoulder"	3627
v(OH) stretching	3622
(Al-Al-OH) deformation	905
(Al-Mg-OH) deformation	840
M-OH stretching	795
OH deformation	625
(O-Si-O) bending	520
(O-Si-O) bending	468 [18]

Assignment	D1	D2	D4	Clay mineral type
	Wavenumber (cm ⁻¹)			
Inner-layer OH, (Al-O...H) stretching	3680	3680	3680	Na-Montmorillonite
v(OH) stretching "shoulder"	-	3627	3627	Na-Montmorillonite
v(OH) stretching	3622	3622	3622 (broadening)	Na-Montmorillonite
(Al-Al-OH) deformation	920	920	920	Na-Montmorillonite
(Al-Mg-OH) deformation	875	875	875	Na-Montmorillonite
M-OH stretching	804	804	804	Na-Montmorillonite
v(OH) stretching	800	800	800	Feldspar
v(OH) stretching	797	797	797	Amorphous Silica/Quartz
v(OH) stretching	788	788	788	Quartz
v(OH) stretching	697	697	697	Quartz
OH deformation	625	625	623	Ca-Montmorillonite
(O-Si-O) bending	523, 468	523, 468	520, 468	Na-Montmorillonite

Table 1. FTIR spectrum analysis results of Nigde-Dikilitas clay samples D1, D2, and D4 belonging to lower, middle, and upper levels, respectively
 1. táblázat A Nigde-Dikilitas előfordulás alsó (D1), középső (D2) és felső (D4) szintjéről vett agyagminták FTIR spektrumainak elemzési adatai

As mentioned above, the assignments of vibration band components of the clay samples seen in FTIR spectra were performed using the vibration band components of the natural clays. After these assignments, it was determined which type of clay minerals each vibration band of clay sample belongs to. The results are given Table 1. As seen from this table, all of the samples belonging to the lower, middle and upper levels of Nigde-Dikilitas (Turkey) clay profiles D1, D2, and D4 respectively, include quartz, amorphous silica, feldspar, and Na-montmorillonite minerals. It means that these clays have the framework of silicate structure, such as T-O-T (tetrahedral-octahedral-tetrahedral). The main clay mineral in the clay samples is Na-montmorillonite. On the other hand, it has been observed O-H, Al-Al-OH, Al-Mg-OH, and Si-O-Si groups in their FTIR spectra. This situation is attributed to the substitutions of different atoms in montmorillonite having different valance values displaying in clay samples. It means that silicon and aluminum in the tetrahedral layer can exchange. Since this site exchange will cause an excess of cation and this cation deficiency in the other side is completed with Na⁺ cations entering these left sites. Hence, Na-montmorillonite octahedral layer taking place between two tetrahedral layers is formed. Because of the weakness of the bonds between them, various ions, organic molecules, and waters enter between these layers. Smectite minerals are formed of one octahedral and two tetrahedral layers overlying on each other. In this case, unit layer 2:1 and this structure are named as T-O-T.

Octahedral layer forms gypsum like structure layer (hydroxyl planar) and tetrahedral layer forms silicate like structure (oxygen planar) in montmorillonite mineral. Organic molecules enforce the silicate layers and may be penetrated into the vacancies among them. They form H-bonding with the surface hydroxyls breaking the strong electrostatic and van der Waals forces between the layers. This hydroxyls planes are weak proton donors, so they can form hydrogen bonds with the strong bases [19, 20]. Bipolar molecules which behave as both powerly proton donor and acceptor place on the tetrahedral surface giving protons to the oxygens while placing on the octahedral surface taking protons from hydroxyls [21]. Formed hydrogen bonds are very weak since oxygen

plane is very weak electron donor. Therefore, the atoms having different valances and substituting on the octahedral layer form H-bonding with inner-surface hydroxyls. On the other hand, different ions and water molecules also go into among the layers since bonding forces between them are very weak. Some small organic molecules and ions take place straight forward among the layers forming H-bonding with the inner surface hydroxyls or oxygen plane of Na-montmorillonite mineral. In this case, this causes frequency shifts as mentioned above.

FTIR spectrum analysis results of the clay sample: there are 10 fundamental vibration frequencies of Na-montmorillonite mineral in the spectrum of standard natural clay. Although, there are little shifts from the fundamental vibration frequencies, all the fundamental frequencies of the Na-montmorillonite mineral were observed. These very small frequency shifts are caused by the water going into among the layers of Na-montmorillonite mineral. v(OH) stretching vibration frequency of Na-montmorillonite mineral of all levels clay at 3680 cm⁻¹. This is inner-layer OH, (Al-O...H) stretching band of Na-montmorillonite [18]. Na-montmorillonite in standard natural clay is seen at 620 cm⁻¹ (OH deformation) and Ca-montmorillonite in standard natural clay is seen at 625 cm⁻¹ (OH deformation), it was observed at 625 cm⁻¹ for lower level (D1) and middle level (D2), 623 cm⁻¹ for upper level (D4) sample. There is a little shifts.

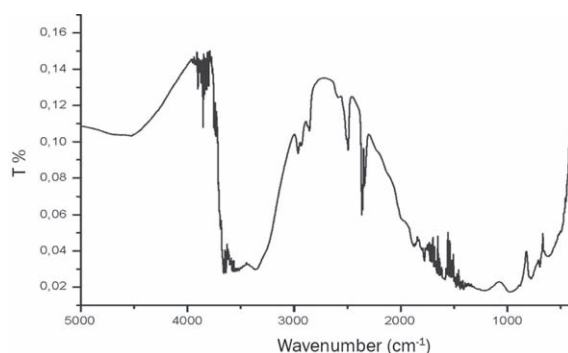


Fig. 6. FTIR spectrum of the clay sample (D1) of Nigde-Dikilitas (Turkey) after thermal treatment
 6. ábra A Nigde-Dikilitas előfordulás alsó szintjéről vett (D1) agyagminta hőkezelés után felvett FTIR spektruma

Assignment	D1	
	Wavenumber (cm ⁻¹)	Clay Mineral Type
Inner-surface OH, (Al-O...H) stretching	3680	Na-Montmorillonite
v(OH) stretching	3662	Chlorite
v(OH) stretching "shoulder"	3627	Na-Montmorillonite
v(OH) stretching	3622	Na-Montmorillonite
v(OH) stretching	3564	Chlorite
v(OH) stretching	3434	Chlorite
v(OH) stretching	800	Feldspar
v(OH) stretching	797	Amorphous Silica/Quartz
v(OH) stretching	788	Quartz
v(OH) stretching	697	Quartz
O-Si-O bending	523	Na-Montmorillonite
O-Si-O bending	468	Na-Montmorillonite

Table 2. Results of the FTIR spectrum analyses of the clay sample (D1) from Nigde-Dikilitas (Turkey) after thermal treatment
2. táblázat A Nigde-Dikilitas előfordulás alsó szintjéről vett (D1) agyagminta hőkezelés utáni felvett FTIR spektrumának elemzési adatai

FTIR spectrum of sample (D1) being applied thermal treatment is seen in Fig. 6. Assignment of the component bands of this sample has been carried out following the same way to assign the other samples and the results are given in Table 2. According to these results, this clay sample includes Na-montmorillonite, chlorite, feldspar, amorphous silica and quartz. When the FTIR spectra of the other samples not being treated with thermal and this sample are compared, although the montmorillonite in the untreated samples have OH deformation vibration bands at 625 cm⁻¹ it is seen that the same bands of the Ca-montmorillonite in the thermal treated sample disappeared [22]. On the other hand, while deformations (Al-Al-OH) and (Al-Mg-OH) and bending M-OH seen in the Na-montmorillonite at 920, 875, and 804 cm⁻¹, respectively; that bands are disappearing after the thermal treatment. However that the new band components such as v(OH) stretching of chlorite at 3662, 3564 and 3434 cm⁻¹ were appeared after the thermal treatment. Although OH deformation vibration bands of montmorillonite at 625 and 623 cm⁻¹ before the thermal treatment of the samples were observed, the vibration bands of Ca-montmorillonite completely disappeared, vibration bands assigned as (Al-Al-OH) deformation at 920 cm⁻¹ and (Al-Mg-OH) deformation 875 cm⁻¹, and M-OH stretching at 804 cm⁻¹ of Na-montmorillonite were also disappeared, in addition within lattice v(OH) stretching at 3662 cm⁻¹, v(OH) stretching at 3564 cm⁻¹ and v(OH) stretching at 3434 cm⁻¹ of chlorite indicate formation of vibration bands. Formation of these bands during thermal treatment are due to organic molecules intruding into the silicate layers and Al and Mg atoms exchanging sites within the clay structures [23].

v(OH) stretching vibrations of quartz at 797, 788 and 697 cm⁻¹ and v(OH) stretching vibrations of feldspar at 800 cm⁻¹ remain the same after the thermal treatment (Fig. 6.). As a result, it can be said that the framework of silicate (T-O-T) structures of Nigde-Dikilitas (Turkey) clay samples has not been destroyed. Since smectite-rich horizons were determined with lower and upper parts of the Mustafapasa Formation, it is suggested here that the area can be a potential prospect for the cement industry.

4. Acknowledgements

We would like to thank Turkish Scientific and Technological Research Council (TUBITAK, Turkey) for the financial support (project code: YDABCAG-2005-101Y067). Professor Dr. Cigdem Ercelebi (Physics Department, METU, Turkey) is also gratefully appreciated for the FTIR.

References

- Adams, J. M.: *Synthetic organic chemistry using pillared, cation-exchanged and acid-treated montmorillonite catalysts-A review*, Applied Clay Science, Vol. 2, No. 4, pp. 309-342. (1987)
- Murray, H. H.: *Applied clay mineralogy today and tomorrow*, Clay Minerals, Vol. 34, No. 1, pp. 39-49. (1999)
- Breen, C. – Watson, R. – Madejova, J. – Komadel, P. – Klapyta, Z.: *Acid activated organoclays: Preparation, characterization and catalytic activity of acid-treated tetraalkylammonium exchanged smectites*, Langmuir, Vol. 13, No. 24, pp. 6473-6479. (1997)
- Falaras, P. – Lezou, F. – Seiragakis, G. – Petrakis, D.: *Bleaching properties of alumina-pillared acid-activated montmorillonite*, Clays and Clay Minerals, Vol. 48, No. 5, pp. 549-556. (2000)
- Murray, H. H.: *Overview-clay mineral applications*, Applied Clay Science, Vol. 5, No. 5-6, pp. 379-395. (1991)
- Smith, C. R.: *Base exchange reactions of bentonite and salts of organic bases*, Journal of the American Chemical Society, Vol. 56, pp. 1561-1563. (1934)
- Madejova, J.: *FTIR techniques in clay mineral studies*, Vibrational Spectroscopy, Vol. 31, No. 1, pp. 1-10. (2003)
- Post, J. L. – Borer, L.: *Physical properties of selected illites, beidellites and mixed-layer illite-beidellites from southwestern Idaho, and their infrared spectra*, Applied Clay Science, Vol. 22, No. 3, pp. 77-91. (2002)
- Davarcioğlu, B. – Ciftci, E.: *Investigation of Central Anatolian clays by FTIR spectroscopy (Arapli-Yesilhisar-Kayseri, Turkey)*, International Journal of Natural and Engineering Sciences, Vol. 3, No. 3, pp. 154-161. (2009)
- Davarcioğlu, B.: *Investigation of Eastern Black Sea Region Clays by FTIR Spectroscopy (Rize-Findikli-Camlıhemsin, Turkey)*, Colloquium Spectroscopium Internationale XXXVI, Budapest – Hungary, August 30 – September 3, Book of Abstract, pp. 74. (2009)
- Akyüz, S. – Akyüz, T. – Davies, J. E. D.: *FT-IR and FT-Raman spectroscopic investigations of adsorption of 2,2'-biquinoline by smectite group clay minerals from Anatolia*, Vibrational Spectroscopy, Vol. 22, No. 1-2, pp. 11-17. (2000)
- Akyüz, S. – Akyüz, T. – Yakar, A. E.: *FT-IR spectroscopic investigation of adsorption of 3-aminopyridine on sepiolite and montmorillonite from Anatolia*, Journal of Molecular Structure, Vol. 565-566, pp. 487-491. (2001)
- S. Akyüz – T. Akyüz: *FT-IR spectroscopic investigation of adsorption of pyrimidine on sepiolite and montmorillonite from Anatolia*, Journal of Inclusion Phenomena and Macroscopic Chemistry, Vol. 46, No. 1, pp. 51-55. (2003)

- [14] Pasquare, G.: *Geology of the Cenozoic volcanic area of Central Anatolia (Provinces of Kayseri and Nevsehir, Turkey)*, Atti Accademia Nazionale dei Lincei, Vol. 9, No. 1, pp. 53-204. (1968)
- [15] Toprak, V.: *Origin of the Quaternary basins developed within the Cappadocian volcanic depression*, Central Anatolia, Department of Geological Engineering, Black Sea Technical University, Trabzon – Turkey. Proceedings of 30th Anniversary Symposium, Vol. 1, pp. 327-339. (1996) (in Turkish with English abstract)
- [16] Kayali, R. – Gurel, A. – Davarcioglu, B. – Ciftci, E.: *Determination of qualitative and quantitative properties of industrial raw materials clays and diatomites in Central Anatolia by spectroscopic methods*, TUBITAK-Turkey (project number: YDABCAG-2005-101Y067), pp. 36-115. (2005)
- [17] Wilson, M. J.: *A handbook of determinative methods in clay mineralogy*, Blackie-Son Ltd., London, pp. 308-320. (1987)
- [18] Farmer, V. C. – Russell, J. D.: *The infrared spectra of layer silicates*, Spectrochimica Acta, Vol. 20, pp. 1149-1173. (1964)
- [19] Olejnik, S. – Aylmore, L. A. G. – Posner, A. M. – Quirk, J. P.: *Infrared spectra of kaolin mineral-dimethyl sulfoxide complexes*, Journal of Physical Chemistry, Vol. 72, No. 1, pp. 241-249. (1968)
- [20] Thompson, J. G. – Cuff, C.: *Crystal structure of kaolinite-dimethylsulfoxide intercalate*, Clays and Clay Minerals, Vol.33, No. 5, pp. 490-500. (1985)
- [21] Ledoux, R. L. – White, J. L.: *Infrared studies of hydrogen bonding interaction between kaolinite surfaces and intercalated potassium acetate, hydrazine, formamide and urea*, Journal of Colloid and Interface Science, Vol. 21, No. 2, pp. 127-152. (1966)
- [22] Velde, B.: *Introduction to clay minerals*. Chemistry, Origins, Uses and Environmental Significance, 1st ed. Chapman-Hall, UK. London, pp. 20-23. (1992)
- [23] Bishop, J. – Madejova, P. – Komadel, P. – Fröschl, H.: *The influence of structural Fe, Al and Mg on the infrared OH bands in spectra of dioctahedral smectites*, Clay Minerals, Vol. 37, No. 4, pp.607-616. (2002)

A Közép-Anatóliában található Nigde-Dikilitas régióból származó agyagok vizsgálata FTIR spektroszkópiával

FTIR spektroszkópiával vizsgáltunk olyan agyagmintákat, amelyek Közép-Anatóliából, a Nigde tartomány északkeleti részén található Nigde-Dikitas területről származtak. A kérdéses agyagminták FTIR spektrumait standard agyagminták spektrumaival együtt vettük fel, és mindkét mintasorozatban a következő természetes agyagásványokat azonosítottuk: beidellit, illit, illit-szmektit vegyes réteg, kaolinit, klorit (ripidolit), nontronit, montmorillonit, Ca-montmorillonit és Na-montmorillonit. Ezek mellett még anhidritet, gipszet, kvarcot+földpátot, illitet+kvarcot+földpátot is kimutattunk a mintákban. Az ásványokat minden esetben úgy azonosítottuk, hogy a spektrumokat a standard minták és a vegyes agyagok spektrumaival hasonlítottuk össze. Azt találtuk, hogy az O-H, Al-Al-OH, Al-Mg-OH és az Si-O-Si csoportok a Dikilitas előfordulás alsó (D1), középső (D2, D3) és felső (D4) szintjeiből származó minták spektrumaiban egyaránt megjelennek. A mintákban kvarc, amorf SiO₂, földpát és Na-montmorillonit is található, és ezek tetraéderes-oktaéderes-tetraéderes (T-O-T) szmektit szerkezetűek.

Kulcsszavak: Nigde, agyagok, FTIR, montmorillonit, földpát, szmektit

Citation to this article:

Davarcioglu, B.: *Investigation of Central Anatolian region Nigde-Dikilitas (Turkey) clays by FTIR spectroscopy*. Építőanyag, 62. évf. 2. szám (2010), 55–60. p.

A Szilikátipari Tudományos Egyesület XXXIII. Tisztújító Küldöttgyűlése

2010. május 19-én Budapesten, a MTESZ Budai Konferencia Központban tartotta XXXIII. Tisztújító Küldöttgyűlését a Szilikátipari Tudományos Egyesület. A Küldöttgyűlésen került sor a 2009. évi Diplomadíj pályázat eredményhirdetésére. Az idei Küldöttgyűlés ünnepi előadásait a pályázat nyertesei tartották.

Az első előadást **Czuppon Gábor** tartotta, a *Könnyűbeton tartóssági tulajdonságainak vizsgálata* címmel. A második előadó **Németh Dóra** volt, aki az *Y-Ba-Cu-O bázisú szupravezetőknél a ZrO₂ égetési segédanyagok alkalmazhatóságának vizsgálata* címmel tartott előadást.

Az előadások után **Serédi Béla** levezető elnök bejelentette, hogy az ülés határozatképes. Az ügyrendi kérdések tisztázása után a jelenlévők az Egyesület elmúlt három évéről hallgattak meg beszámolót **Asztalos István** főtitkártól. **Koska János** főtitkár-helyettes tájékoztatott a 2009. évi költségvetés teljesítéséről, a 2010. évi tervekről, majd **Dr. Dani Sándorné** beszámolt az Ellenőrző Bizottság jelentéséről. Ezt követően **Dr. Kausay Tibor**, a Jelölő Bizottság vezetője ismertette az Egyesület tisztségviselőire tett javaslatukat.

Tisztségviselők:

Elnök:
Dr. Szépvölgyi János

Társelnökök:
Dr. Józsa Zsuzsanna
Melegné Kiss Katalin
Dr. Rudnyánszky Pál
Sáros Bálint
Serédi Béla
Sey Pongrác
Tóthné Kiss Klára

Főtitkár:
Asztalos István

Főtitkár-helyettes:
Koska János

Választott Bizottságok:

Ellenőrző Bizottság:
Elnök: Dr. Dani Sándorné
Tagok: Bukta Attila
Dr. Kunvári Árpád

Etika Bizottság:
Elnök: Juhász Béla
Tagok: Dr. Dobos Imre
Demény Péter

Egyesületi Minősítő Bizottság:

Elnök: Serédi Béla
Tag: Szántó József

Szerkesztő Bizottság:

Elnök: Dr. Gömze A. László
Felelős szerkesztő: Tóth-Asztalos Réka

A Küldöttgyűlés az elhangzott beszámolókat, valamint a tisztségviselőkre tett javaslatokat is egyhangúlag megszavazta.

Ezután a Szilikátiparért Emlékérmek átadása, majd az Örökös Tagok avatása következett.

Szilikátiparért Emlékérem kitüntetés kapott:

Mattyasovszky Zsolnay Eszter
(Tégla és Cserép)
Dr. György József (Finomkerámia)
Dr. Kausay Tibor (Beton)

Az Egyesület Örökös Tagja lett:

Borbély Csaba (Tégla és Cserép)
Fekete László (Kő és Kavics)
Libál Lajos (Üveg)
Simon Gyula (Cement)
Tóth Kálmán (Cement)

A Szilikátipari Tudományos Egyesület 2009. évre szóló Közhasznúsági jelentése

A Szilikátipari Tudományos Egyesület (SZTE) a Fővárosi Bíróságon 1989. október 5-én Pk. 60428 határo-zatszámom és 393 nyilvántartási számom bejegyzett, és 1998. január 1-je óta közhasznúan működő szervezet. Tevékenységét a hatályos jogszabályok és saját alapszabályának előírásai szerint végzi.

1. A szervezet alapadatai

Elnevezés: Szilikátipari Tudományos Egyesület

Képviselő: Dr. Szépvölgyi János elnök

Székhely: 1027 Budapest, Fő utca 68.

Adószám: 19815943-2-41

Közhasznúsági fokozat: közhasznú szervezet

Közhasznúsági végzés száma: Pk. 60428/1989/1

A szervezet céljának rövid leírása: Az Egyesület célja a szilikátiparral, illetve az ezzel összefüggő bármilyen szak-területen és szektorban a műszaki és gazdasági haladás előmozdítása az e területen működő műszaki és gazdasági szakemberek szakmai fejlődésének és szakmai-közéleti tevékenységének segítségével. Az Egyesület közhasznú szolgáltatásaitól a tagjain kívül mások is részesülhetnek.

2. Számviteli beszámoló

Kettős könyvvitelt vezető egyéb szervezetek közhasznú egyszerűsített beszámolójának mérlege és eredmény kimutatása 1. és 2. sz. melléklet

3. A költségvetési támogatás felhasználásának kimutatása

2009. évben az Egyesület direkt költségvetési támogatás-ban nem részesült.

4. A vagyon felhasználásával kapcsolatos kimutatás

A kimutatás elkészítéséhez tartalmi előírások nem állnak rendelkezésre, így az Egyesület vagyonának felhasználását illetően csak a mérleg forrásoldalának elemzésére szorítkoztunk. Az Egyesület vagyonát a tőkéje testesíti meg. Saját tőke 2009-ben összesen 1 265 E Ft-tal csökkent, ami a közhasznú tevékenységből származó -1 265 E Ft és vállalkozási tevékenység f. évi 0 Ft összege.

	Előző év E Ft	Tárgyév E Ft
Saját tőke	2 791	1 526
Induló tőke	1 995	1 995
Tőkeváltozás	1 492	796
Tárgyévi eredmény közhasznú tevékenységből	-696	-1 265
Tárgyévi eredmény vállalkozási tevékenységből	0	0

5. A cél szerinti juttatások kimutatása

Az Egyesület valamennyi tagja – a tagsági viszony alapján – célszerűen juttatásként kapta meg:
– az Építőanyag c. szakmai folyóirat 2009. évi számait,
– az Egyesület működésének nyilvánosságát szolgáló egyesületi „Eseménynaptár”-t,
– egyesületi rendezvényterem és technikai szolgáltatást térítésmentesen – szakmai rendezvények alkalmával.
Pénzbeli juttatás:
– Szilikátiparért Emlékérem kitüntetésre 100 000 Ft.

6. A központi költségvetési szervektől, az elkülönített állami pénzalapoktól, a helyi önkormányzatoktól, azok társulásaitól, a kisebbségi települési önkormányzatoktól, illetve mindezek szerveitől kapott támogatások mértékének kimutatása

2008. évi SZJA 1%-ból származó felajánlások 442 756 Ft

Pályázati úton kapott támogatás:

Nemzeti Civil Alapprogram

Működési célú támogatás 100 000 Ft

„Az építés fejlődéséért” Alapítvány

Építőanyag című folyóirat 2009. évi kiadására 400 000 Ft

XXIV. Tégglás Napok 150 000 Ft

Beton anktét 50 000 Ft

Egyéb szervezetektől kapott támogatás:

Belföldi támogatás

Működés 15 000 Ft

Külföldi támogatás

Üvegipari Szakmai Konferencia 665 900 Ft

7. A vezető tisztségviselőknek nyújtott juttatások értékének, illetve összegének kimutatása

A választott vezető tisztségviselőink tevékenységüket társadalmi munkában látják el, amelyért semmiféle külön juttatásban nem részesülnek, igazolt költségeik kerültek megtérítésre.

8. A közhasznú tevékenység rövid tartalmi beszámolója

A tudományos tevékenység és kutatás területén a tudományos eredmények közzétételének, azok megvitatásának színterét adó tudományos konferenciák, előadások, valamint más tudományos rendezvények szervezését és lebonyolítását emeljük ki:

- **Beton Anktét: Mérnöki szervezetek – minőségi beton-készítési napjainkban,** Budapest, 2009. február 17.
 - **Üvegipari Szakmai Konferencia,** Budapest, 2009. április 28.
 - **Hőszigetelési rendszerek korszerű szigetelése és elektromos fűtése,** Budapest, 2009. május 13.
 - **VI. Diszkrét konferencia,** Tata, 2009. június 4.
 - **A cementipar szerepe a hulladékgyártásban,** Budapest, 2009. szeptember 17.
 - **60 éves a Szilikátipari Tudományos Egyesület – tudományos-szakmai konferencia,** Budapest, 2009. szeptember 22.
 - **XXIV. Tégglás Napok,** Hortobágy, 2009. november 12–13.
 - **Beton Anktét: Kőnyűbetonok alkalmazásának elmélete és gyakorlata: régi és új megoldások,** Budapest, 2009. november 24.
- Környezet- és természetvédelem témakörrel foglalkozott:**
- **Hőszigetelési rendszerek korszerű szigetelése és elektromos fűtése,** Budapest, 2009. május 13.
 - **A cementipar szerepe a hulladékgyártásban,** Budapest, 2009. szeptember 17.
 - **XXIV. Tégglás Napok,** Hortobágy, 2009. november 12–13.

Az Építőanyag című folyóirat megfelelően szolgálta az Egyesülethez tartozó szakmák tudományos területei iránt érdeklődők igényeit.

Összefoglalva rögzíthető, hogy a Szilikátipari Tudományos Egyesület 2009. évben megfelelt az Alapszabályában rögzített közhasznúsági feltételeknek.

A Szilikátipari Tudományos Egyesület Küldöttgyűlése 2010. május 19-i ülésén elfogadta a 2009. évi tevékenységről készült közhasznúsági jelentést.

Dr. Szépvölgyi János
elnök

KETTŐS KÖNYVVITELT VEZETŐ EGYÉB SZERVEZETEK KÖZHASZNÚ EGYSZERŰSÍTETT ÉVES BESZÁMOLÓJÁNAK MÉRLEGE
2 0 0 9. december 31.

Sor szám	A tétel megnevezése	Előző év	Előző év(ek) helyesbítései	Tárgyév
a	b	c	d	e
1	A. Befektetett eszközök (2.-5. sorok)	687	0	507
2	I. Immateriális javak	134		103
3	II. Tárgyi eszközök	553		404
4	III. Befektetett pénzügyi eszközök			
5	IV. Befektetett eszközök értékelvesztése			
6	B. Forgóeszközök (7.-10. sorok)	3 513	0	1 507
7	I. Készletek	0		0
8	II. Követelések	140		263
9	III. Értékpapírok			
10	IV. Pénzeszközök	3 373		1 244
11	C. Aktív időbeli elhatárolások	255	0	144
12	ESZKÖZÖK (AKTÍVÁK) ÖSSZESEN	4 455	0	2 158
13	D. Saját tőke (14.-19. sorok)	2 791	0	1 526
14	I. Induló tőke	1 995		1 995
15	II. Tőkeváltozás	1 492		796
16	III. Lekötött tartalék	0		0
17	IV. Értékelési tartalék			
18	V. Tárgyévi eredmény közhasznú tevékenységből	-696		-1 265
19	VI. Tárgyévi eredmény vállalkozási tevékenységből	0		0
20	F. Céltartalékok	0	0	0
21	F. Kötelezettségek (22.-23. sorok)	377	0	48
22	I. Hosszú lejáratú kötelezettségek			
23	II. Rövid lejáratú kötelezettségek	377		48
24	G. Passzív időbeli elhatárolások	1 287	0	584
25	FORRÁSOK (PASSZÍVÁK) ÖSSZESEN	4 455	0	2 158

Budapest, 2010. március 11.



Dr. Szépvölgyi János
az egyéb szervezet vezetője

Sor szám	A tétel megnevezése	Előző év	Előző év(ek) helyesbítései	Tárgyév
a	b	c	d	e
1	A. Összes közhasznú tevékenység bevétele	24 542	0	11 002
2	1. Közhasznú célú működésre kapott támogatás	4 278		1 124
3	a) alapítótól	0		0
4	b) központi költségvetéstől	0		0
5	c) helyi önkormányzattól	0		0
6	d) társadalomtisztosítástól	0		0
7	e) egyéb, ebből 1%: 443 EFT	4 278		1 124
8	2. Pályázati úton elnyert támogatás	8 416		500
9	3. Közhasznú tevékenységből származó bevételek	6 446		4 611
10	4. Tagdíjból származó bevétel	5 227		4 531
11	5. Egyéb bevétel	175		236
12	B. Vállalkozási tevékenység bevétele	0	0	0
13	C. Összes bevétel (A.+B.)	24 542	0	11 002
14	D. Közhasznú tevékenység ráfordításai	25 238	0	12 267
15	1. Anyagjellegű ráfordítások	14 718		7 313
16	2. Személyi jellegű ráfordítások	9 617		4 280
17	3. Értékesítési leírás	246		282
18	4. Egyéb ráfordítások	595		292
19	5. Pénzügyi műveletek ráfordításai	62		0
20	6. Rendkívüli ráfordítások	0		0
21	E. Vállalkozási tevékenység ráfordításai	0	0	0
22	1. Anyagjellegű ráfordítások	0		0
23	2. Személyi jellegű ráfordítások	0		0
24	3. Értékesítési leírás	0		0
25	4. Egyéb ráfordítások	0		0
26	5. Pénzügyi műveletek ráfordításai	0		0
27	6. Rendkívüli ráfordítások	0		0

Sor szám	A tétel megnevezése	Előző év	Előző év(ek) helyesbítései	Tárgyév
a	b	c	d	e
28	F. Összes ráfordítás (D.+E.)	25 238	0	12 267
29	G. Adózás előtti eredmény (B.-E.)	0	0	0
30	H. Adófizetési kötelezettség	0	0	0
31	I. Tárgyévi vállalkozási eredmény (G.-H.)	0	0	0
32	J. Tárgyévi közhasznú eredmény (A.-D.)	-696	0	-1 265

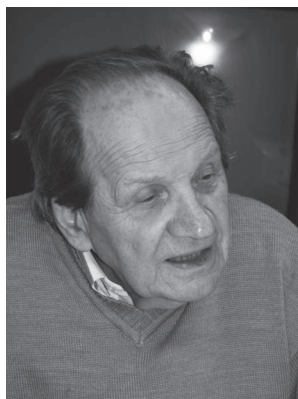
TÁJÉKOZTATÓ ADATOK

33	A. Személyi jellegű ráfordítások	4 380
34	1. Bérköltség	1 362
35	ebből - megbízási díjak	0
36	- tiszteletdíjak	0
37	2. Személyi jellegű egyéb kifizetések	2 577
38	3. Bérjárulékok	441
39	B. A szervezet által nyújtott támogatások	0
40	C. Továbbutalási célú kapott támogatás	0
41	D. Továbbutalati támogatás	0

Budapest, 2010. március 11.



Dr. Szépvölgyi János
az egyéb szervezet vezetője



Varga Dénes

| (1927-2010)

Életének 84. évében elhunyt sok kollégánk tanára és munkatársa „Dénes”.

Budapesten született, 1952-ben szerzett diplomát a Budapesti Műszaki Egyetem Vegyészmérnöki Karán.

Friss diplomásként került közvetlen munkakapcsolatba a téglaiiparral. Dolgozott a Mályi

Téglagyárban, az Építőanyag-ipari Központi Kutató Intézetben, az Építésügyi Minisztériumban, a Budapesti Műszaki Egyetem Építőanyagok Tanszékén és nyugdíjazásáig irányította a Tégl- és Cserépipari Laboratóriumot. Tanácsadóként segítette a kubai építőanyag-ipart. Tanított és gyakorlatot vezetett BME

Építőanyagok Tanszékén. Szakmai tapasztalatát mindig szívesen adta át.

A Szilikátipari Tudományos Egyesületnek 1953 óta tagja, amelynek munkáját a Tégl- és Cserépipari Szakosztályban betöltött tisztségével is segítette. Nyugdíjas éveiben is aktívan segítséget nyújtott a szakosztály vezetőségének. Az Egyesületünknek örökös tagja volt.

Számos előadást tartott és cikket írt tégl- és cserépipari nyersanyagokról.

Egyesületi és iparági tevékenységét háromszor ismerték el az Építőipar Kiváló Dolgozója címmel.

A Szilikátipari Tudományos Egyesület, a volt munkatársak és tanítványok nevében búcsúzunk, emlékét megőrizzük.

Kedves Dénes nyugodjál békében.

HIRDESSEN NÁLUNK!

Hirdetési lehetőségek az építőanyag folyóiratban

Az **építőanyag** a magyarországi finomkerámia, üveg, cement, mész, beton, tégl- és cserép, kő és kavics, tűzállóanyag és szigetelőanyag iparágak 60 éve alapított szakmai folyóirata.

A lap információt nyújt:

- szilikátkémiai és technológiai, valamint építőanyag-ipari kutatások, fejlesztések legújabb eredményeiről,
- gyártás- és gyártmányfejlesztésekről,
- környezetvédelmi problémákról, feladatok megoldásáról,
- technikai újdonságokról (beruházások, termékek, berendezések, anyagvizsgálati eszközök stb.),

- hazai és nemzetközi cégek üzleti tevékenységéről,
- belföldi és külföldi szakmai konferenciákról, rendezvényekről, fontosabb szakmai eseményekről.

A színes hirdetések árából több hirdetés egy időben történő megrendelése esetén jelentős kedvezményeket biztosítunk:

2 hirdetés esetén 20%, 3 hirdetés esetén 30%, 4 hirdetés esetén pedig 50% kedvezményt adunk.

A cikk formátumú megjelenés ára a fekete-fehér hirdetések áraival azonos.

Áraink az ÁFA összegét nem tartalmazzák.

Színes hirdetési áraink			
B2 oldal	139 000 Ft	555 EUR	tükör: 180 x 260 mm kifutó: 205 x 285 mm
B3 oldal	128 000 Ft	515 EUR	
B4 oldal	150 000 Ft	600 EUR	
1/1 oldal belíven	105 000 Ft	420 EUR	

Fekete-fehér hirdetési áraink			
1/4 oldal	14 500 Ft	60 EUR	87 x 120 mm
1/2 oldal	29 000 Ft	120 EUR	180 x 120 mm
1 oldal	58 000 Ft	240 EUR	180 x 260 mm

MÉDIAAJÁNLAT ÉS HIRDETÉSI MEGRENDELŐK LETÖLTHETŐK A WWW.SZTE.ORG.HU HONLAPRÓL

The manuscript must contain the followings: title; author's name, workplace, e-mail address; abstract, keywords; main text; acknowledgement (optional); references; figures, photos with notes; tables with notes; short biography (information on the scientific works of the authors).

The full manuscript should not be more than 6 pages including figures, photos and tables. Settings of the word document are: 3 cm margin up and down, 2,5 cm margin left and right. Paper size: A4. Letter size 10 pt, type: Times New Roman. Lines: simple, justified.

TITLE, AUTHOR

The title of the article should be short and objective.

Under the title the name of the author(s), workplace, e-mail address.

If the text originally was a presentation or poster at a conference, it should be marked.

ABSTRACT, KEYWORDS

The abstract is a short summary of the manuscript, about a half page size. The author should give keywords to the text, which are the most important elements of the article.

MAIN TEXT

Contains: materials and experimental procedure (or something similar), results and discussion (or something similar), conclusions.

REFERENCES

References are marked with numbers, e.g. [6], and a bibliography is made by the reference's order.

Examples:

Journals:

[6] Tóth, Gy. – Máté, B.: *Földtani tényezők bazaltbányák művelésénél*. Mélyépítéstudományi Szemle. XXIV. évf. 4. szám (2004), pp. 145-148.

Books:

[6] C. Barry Carter – M. Grant Norton.: *Ceramic Materials Science and Engineering*. Springer Science + Business Media, LLC; New York, 2007.

FIGURES, TABLES

All drawings, diagrams and photos are figures. The **text should contain references to all figures and tables**. This shows the place of the figure in the text. Please send all the figures in attached files, and not as a part of the text. **All figures and tables should have a title.**

Please note that the color of the journal is black-and-white. Colored figures should be as well understandable.

The figures should be: tiff, jpg or eps files, 300 dpi at least, photos are 600 dpi at least.

BIOGRAPHY

Max. 500 character size professional biography of the author(s).

CHECKING

The editing board checks the articles and informs the authors about suggested modifications. Since the author is responsible for the content of the article, the author is not liable to accept them.

CONTACT

Please send the manuscript in electronic format to the following e-mail address: femgomze@uni-miskolc.hu and info@szte.org.hu or by post: Scientific Society of the Silicate Industry, Budapest, Fő u. 68., H-1027, HUNGARY

We kindly ask the authors to give their e-mail address and phone number on behalf of the quick conciliation.

INHALT

- 34 Experimentalbestimmung des KIIC Spannungsintensitätsparameters an neuartigen Betonprobekörpern (Teil 2)
- 39 Wirkung der Skandium-Zudosierung auf die drucklose Sinterung von assoziierten Materialien mit Al-TiN Metallmatrix
- 43 Wirkung der Struktur und der Zusammensetzung der Doppelhydroxide mit Schichtstruktur auf die Sorptionseigenschaften der Chromat-Anionen
- 46 Möglichkeiten und Probleme der Trockenmahlung in Mischermühlen im Submikronbereich
- 50 Physikalisch-chemische Eigenschaften und Verhalten während der Wärmebehandlung bei Oberflächendurchbrüchen von serpentinischen Periodit aus San Jose und New Idria (Kalifornien, USA)
- 55 Untersuchungen von Materialien aus der Region Nigde-Dikilitas (Mittel-Anatolien) mittels FTIR-Spektroskopie

ELŐFIZETÉS

Fizessen elő az
ÉPÍTŐANYAG c. lapra!

Az előfizetés díja
1 évre **4000 Ft.**

Előfizetési szándékát kérjük
az alábbi elérhetőségek
egyikén jelezze:

Szilikátipari
Tudományos Egyesület

Telefon/fax:
06-1/201-9360

E-mail:
info@szte.org.hu

Előfizetési megrendelő letölthető
az Egyesület honlapjáról:
www.szte.org.hu



Minőségi alkatrészek és szervíz



Kopásvédelem

Tanácsadás

Sandvik In Action

A Sandvik a világ vezető bányászati gépgyártójaként korszerű megoldásokat kínál a fúrási, törés- osztályozási, anyagmozgatási feladatokra. Berendezéseinkkel és magas szinten képzett szakembereinkkel állunk partnereink rendelkezésére a bányászat és az építőipar minden területén.

Az általunk forgalmazott gépekhez eredeti, minőségi alkatrész és szervízellátást biztosítunk.

Vállaljuk rész- vagy komplett üzemek tervezését, kivitelezését, műszaki tanácsadást.

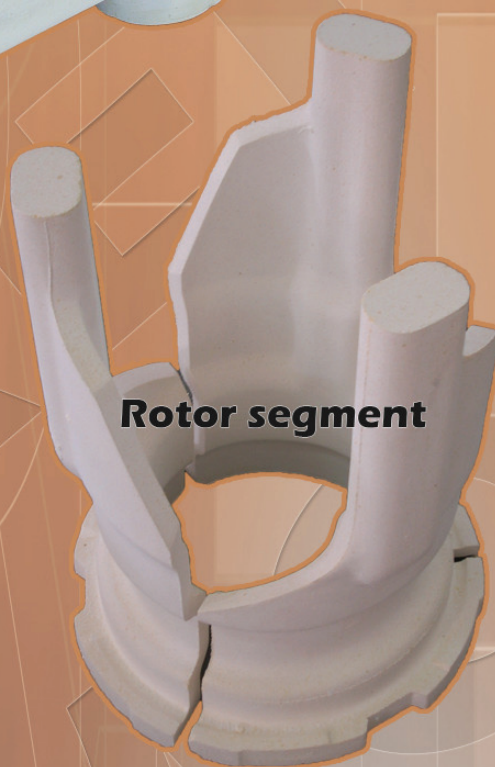


New refractory products from REFMON Co. Ltd. to the glass industry

Stirrer cell



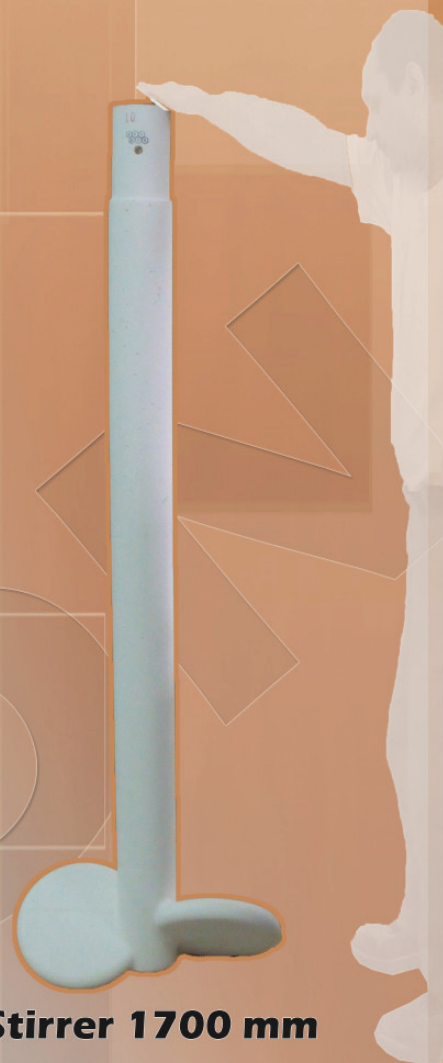
Rotor segment



**Spout with
burner blocks**



Stirrer 1700 mm



Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal

A fejlesztés a Nemzeti Kutatási és Technológiai Hivatal támogatásával valósult meg.

9200 Mosonmagyaróvár-Újudvar, Bereki út 1
tel.: 06 96 578 578 fax.: 06 96 578 577 email: refmon@refmon.hu

Glass industry

Wear resistant

Special products

KÖSZÖNJÜK A SZAKKÉPZÉSI TÁMOGATÁST!

2009-ben támogatóink:

A Beton Viacolor Térkő Zrt.
Adeptus Zrt.
Bakony Kopásálló Kerámia Kft.
Baumit Kft.
Columbian Tiszai Koromgyártó Kft.
Creaton Hungary Kft.
Duna-Dráva Cement Kft.
Geoproduct Kft.
Guardian Orosháza Kft.
Hajdú Téglá Kft.
Holcim Hungária ZRT.
KGS Diamond Hungary Kft.

Korall Csempe Kft.
Kvarc-Ásvány Kft.
Mályi Téglá Kft.
Mullit Kft.
Refmon ZRT.
Saint-Gobain Weber Terranova Kft.
Tondach Magyarország Zrt.
Villas Hungária Kft.
Villeroy & Boch Magyarország Kft.
Wienerberger Zrt.
XELLA Magyarország Kft.

A Miskolci Egyetem Kerámia- és Szilikátmérnöki Tanszéke őszinte köszönését fejezi ki szakképzési támogatásukért a fenti vállalatoknak!

Felhívjuk figyelmüket, hogy támogatóink részére kedvezményesen vállalunk szemcse- és anyagszerkezeti, anyagösszetélteli, hevítőmikroszkópos, termoanalitikai, mikro- és makrokeménységi, valamint alakadási, szinterelési és technológiai vizsgálatokat.

Dr. Gömze A. László

Kemenceszoba



Haake RS80
Reométer



HITACHI TM-1000
Scanning elektronmikroszkóp



KEMA PVP-5
Vákuumextrúder



Malvern Mastersizer X
Lézergranulométer



Rapid K
Hővezetésmérő



ST-3001
Karcvizsgáló



Camar Elettronica
Hevítőmikroszkóp



Derivatográf



Köszönjük Önöknek, hogy szakképzési adójuk egy részének átadásával 2009-ben is hozzájárultak a Miskolci Egyetem Kerámia- és Szilikátmérnöki Tanszéke laboratóriumainak fejlesztéséhez. Az Önöktől kapott szakképzési támogatás jelentős mértékben segít bennünket abban, hogy az építő- és építőanyag-ipar, valamint műszaki kerámia számára olyan korszerű laboratóriumokat hozzunk létre Tanszékünkön, amelyek egyaránt szolgálják a színvonalas oktatást és az ipari alkalmazott kutatást.

**ÖNÖKKEL EGYÜTT ÖNÖKNEK KÉPEZZÜK A
SZILIKÁTTECHNOLÓGUS BSc, ILLETVE A KERÁMIA- ÉS
SZILIKÁTMÉRNÖK MSc SZAKEMBEREKET.
KÖSZÖNJÜK AZ EHHEZ NYÚJTOTT SEGÍTSÉGET!**

Elérhetőségeink:

Tel.: (30) 746-2714; Fax: (46) 565-103; e-mail: femgomze@uni-miskolc.hu