



HRVATSKO DRUŠTVO ZA MATERIJALE I TRIBOLOGIJU

# **TEHNIČKA KERAMIKA**

Priručnik za primjenu

Zagreb, 2004.

**Prijevod:**

Prof.dr.sc. Tomislav Filetin, redoviti profesor Fakulteta strojarstva brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu

Ivan Kramer, dipl.ing., suradnik na projektu "SUMAT-Razvoj i primjena suvremenih materijala"

**Recenzenti:**

Dr.sc. Hrvoje Ivanković, izvanredni profesor Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu

Dr.sc. Stanislav Kurajica, docent Fakulteta kemijskog inženjerstva i tehnologije Sveučilišta u Zagrebu

Dr.sc. Lidija Ćurković, docent Fakulteta strojarstva i brodogradnje Sveučilišta u Zagrebu

**Izdavač prijevoda:**

Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju, Zagreb, Ivana Lučića 1

**Glavni urednik:** prof.dr.sc. Vinko Ivušić

**Lektorica:** Zrinka Romić, prof.

**Crteži i prijelom na računalu:** Mario Lesar, graf.ing.

**Tisak:** ITG d.o.o.

**Naklada:** 100

---

CIP - Katalogizacija u publikaciji  
Nacionalna i sveučilišna knjižnica - Zagreb  
UDK 666.3/.7

TEHNIČKA keramika : priručnik za primjenu / prijevod Tomislav Filetin ... <et al.>. - Zagreb : Hrvatsko društvo za materijale i tribologiju, 2004.

Prijevod djela: Brevier - Technische Keramik.

ISBN 953-7040-05-4

I. Keramički materijali -- Tehnička primjena

441115111

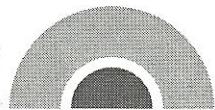
---

ISBN: 953-7040-05-4

Verband der Keramischen Industrie e.V.

# Brevier Technische Keramik

Prijevod  
**Tomislav Filetin**  
**Ivan Kramer**



**TECHNISCHE KERAMIK**

**Izvorni izdavač:**

Informationszentrum Technische Keramik (IZTK) u suradnji s Technischen Kommission der Fachgruppe Technische Keramik.

**Verband der Keramischen Industrie e.V. Informationszentrum Technische Keramik**

Schillerstrasse 17, 95100 Selb, Deutschland

Telefon: +49 (0) 92 87 9 12 34; Telefax: +49 (0) 92 87 7 04 92

E-Mail: info@keramverband.de

<http://www.keramverband.de>

**Izdavač tiskanog izdanja:**

Fahner Verlag, Lauf

ISBN 3-924158-36-3

**Tisak:**

Fahner Druck GmbH, Lauf

3. überarbeitete Auflage 1999

Copyright by: © Verband der Keramischen Industrie e.V.; Alle Rechte vorbehalten

---

**PREDGOVOR NJEMAČKOM IZDANJU**

Priručnik je nastao kao rezultat poticaja i potpore tehničke komisije stručne grupe Tehnička keramika pri Udruzi keramičke industrije (VKI - Verband der Keramischen Industrie e.V).

Priručnik treba biti čvrst pratilac praktičara, bez obzira radi li se o korisnicima ili proizvođačima keramike, i koncipiran je kao pomoćno sredstvo u svakodnevnom radu. Nadalje, treba dati poticaje i orijentacijsku pomoć, ali pri tome ne zamjenjuje obavezne podatke proizvođača. Za znanstvene razloge upućujemo na brojnu stručnu literaturu.

Područje o primjeni tehničke keramike nije dalje razrađeno, zato što se podaci mogu naći u besplatnim izdanjima Informacijskog centra tehničke keramike (Informationszentrum Technische Keramik).

Ovo treće izdanje vrlo je pažljivo sastavljeno i prerađeno.

Srdačno se zahvaljujemo na intenzivnoj suradnji i angažmanu:

- svim članovima komisije
- svim specijalistima iz suradnih institucija
- posebno gospodinu profesoru Lori
- Westsächsische Hochschule Zwickau (FH),

na njihovoj kritičnoj recenziji i vrijednim poticajima.

Udruga keramičke industrije

Informacijski centar tehničke keramike (Informationszentrum Technische Keramik).

Martin Hartmann  
Selb, 07. siječnja 2002.

## PREDGOVOR HRVATSKOM IZDANJU

Keramički materijali postaju zanimljivi u brojnim područjima tehničkih primjena - od sanitarne keramike, preko reznih i drugih alata, dijelova toplinskih strojeva i motora, implantata u medicini i stomatologiji, pa do elektroničkih elemenata, senzora i drugih funkcionalnih ("pametnih") dijelova i sklopova.

U Hrvatskoj praktički ne postoji niti jedan proizvođač tehničke keramike i keramičkih dijelova, a s druge strane korisnici u industriji nedovoljno poznaju svojstva i mogućnosti primjene ovih suvremenih materijala. Stoga je jedan od ciljeva ove publikacije upoznavanje stručnjaka s postupcima proizvodnje, prednostima i nedostacima kao i mogućnostima primjene različitih vrsta tehničke keramike.

Uz dozvolu izdavača, ovaj je priručnik preveden Brevier «Technische Keramik» u izdanju Verband der Keramischen Industrie e.V – Informationszentrum Technische Keramik, Selb, Njemačka, 2001. Izvornik je moguće vidjeti na internet adresi [www.keramverband.de](http://www.keramverband.de)

Zahvaljujemo cijenjenim recenzentima prof.dr.sc. Hrvoju Ivankoviću, doc.dr.sc. Lidiji Ćurković i doc.dr.sc. Stanislavu Kurajici na uloženom trudu i korisnim sugestijama, a gospodinu Lesaru na znalački tehnički uređenom tekstu.

Ovaj priručnik je jedan od rezultata istraživanja na tehnologijskom projektu «SUMAT-Razvoj i primjena suvremenih materijala», koji financira Ministarstvo znanosti, obrazovanja i športa RH u razdoblju od 2002.-2005. Zahvaljujemo Ministarstvu na financijskog potpori projektu.

*Tomislav Filetin*

*Ivan Kramer*

*Zagreb, rujan 2004.*

# SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
2. POVIJEST TEHNIČKE KERAMIKE .....	3
3. MATERIJALI TEHNIČKE KERAMIKE .....	6
3.1 DEFINICIJE .....	6
3.2 SKUPINE MATERIJALA .....	7
3.3 KLASIFIKACIJA .....	9
3.4 OPIS MATERIJALA .....	12
3.4.1 Silikatna keramika .....	13
3.4.2 Oksidna keramika 1. dio .....	15
3.4.3 Oksidna keramika 2. dio .....	18
3.4.1 Neoksidna keramika .....	20
3.4.2 Karbidi .....	20
3.4.3 Nitridi .....	24
4. POSTUPCI PROIZVODNJE I OBRADE TEHNIČKE KERAMIKE .....	27
4.1 MONOLITNA KERAMIKA .....	27
4.2 KERAMIČKE PREVLAKE .....	37
5. SVOJSTVA TEHNIČKE KERAMIKE .....	40
5.1 OPĆA USPOREDBA .....	40
5.2 PRIDRUŽENA ISKORISTIVA SVOJSTVA .....	41
5.3 KARAKTERIZACIJA SVOJSTAVA .....	42
5.4 PODACI O SVOJSTVIMA MATERIJALA .....	51
6. PRIMJENA TEHNIČKE KERAMIKE .....	65
6.1 STROJARSTVO I PROCESNA TEHNIKA .....	66
6.2 VISOKOTEMPERATURNE PRIMJENE .....	71
6.3 ELEKTROTEHNIKA .....	73
6.4 ELEKTRONIKA .....	76
6.5 MEDICINA .....	78

<b>7. KONSTRUIRANJE S KERAMIKOM</b> .....	79
7.1 TIJEK RAZVOJA PROIZVODA .....	79
7.2 UPUTE ZA KONSTRUIRANJE .....	83
7.3 ODREĐIVANJE ČVRSTOĆE KONSTRUKCIJE .....	85
7.4 SAŽETAK VAŽNIJIH PRAVILA .....	86
7.5 OBLIKOVANJE DIJELOVA .....	87
7.5.1 Osnovna pravila .....	87
7.5.2 Mogućnosti povećanja čvrstoće i opteretivosti .....	88
7.5.3 Primjeri .....	89
<b>8. SPAJANJE KERAMIKE</b> .....	101
8.1 TEMELJNA PRAVILA .....	101
8.2 POSTUPCI .....	103
8.3 PRIMJERI .....	106
<b>9. OSIGURAVANJE KVALITETE</b> .....	110
<b>10. PRILOZI</b> .....	113
10.1 VRSTE ATOMSKIH I MEĐUMOLEKULARNIH VEZA I ČVRSTOĆA.....	113
10.2 USPOREDBA SVOJSTAVA MATERIJALA .....	114
10.3 ODREĐIVANJE SAVOJNE ČVRSTOĆE .....	115
10.4 MJERNE VELIČINE ZA POVRŠINE .....	117
10.5 OPĆE TOLERANCIJE MJERA .....	123
10.6 TOLERANCIJE OBLIKA .....	127
10.7 KVALITETA .....	131
10.7.1 Statistička analiza .....	131
10.7.2 Statističke metode, analiza kontrolnih karata .....	131
10.7.3 Statističko upravljanje procesom .....	135
10.7.4 Ocjena prihvatljivosti razine kvalitete – AQL tablice .....	137
10.8 NORME .....	143
<b>LITERATURA</b> .....	147