

Универзитет у Београду – Грађевински факултет

Александар Савић, Марина Шкондрић

САВРЕМЕНИ МАТЕРИЈАЛИ У ГРАЂЕВИНАРСТВУ

Академска мисао
Београд, 2025.

Александар Савић, Марина Шкондрић
САВРЕМЕНИ МАТЕРИЈАЛИ У ГРАЂЕВИНАРСТВУ

Рецензенти
Проф. др Зоран Грдић
В. проф. Гордана Броћета
Др Ања Терзић, научни саветник

Издавачи
Академска мисао, Београд
Универзитет у Београду – Грађевински факултет

Лектура:
Ива Радић

Дизајн корица:
Урош Бејат

Штампа
Планета принт, Београд

Тираж
300 примерака

ISBN 978-86-6200-053-8

Место и година издања
Београд, 2025.

Предговор

Књига „Савремени материјали у грађевинарству” представља уџбеник из истоименог предмета, који се према актуелном наставном плану и програму као изборни предмет слуша у I години мастер академских студија Модула за конструкције и у II години мастер студија Модула за грађевинску геотехнику на Грађевинском факултету Универзитета у Београду.

Подручје савремених материјала у грађевинарству начелно обухвата шири спектар материјала у грађевинарству и има амбицију да покрије трендове у области примене грађевинских материјала. Истовремено, уџбеник обухвата области важне за примену грађевинских материјала у пракси, које нису могле због обима и садржаја да нађу место у обавезним предметима Грађевински материјали 1 и Грађевински материјали 2 на основним академским студијама.

Начелно, као наставак старог двосеместралног предмета Грађевински материјали из предболоњског периода, поменути тематика била је предмет уџбеника Грађевински материјали 2 објављеног крајем деведесетих година од стране професора Михаила Мурављова и Драгице Јевтић. Током протекле две и по деценије предмет је у складу са изменама наставног плана и програма мењао године и семестре, као и модуле који су га сматрали вредним за студенте одговарајућег образовног профила. Неопходно је поменути и монографску публикацију Одабрана поглавља из савремених материјала у грађевинарству професорке Драгице Јевтић, као и књиге професора Михаила Мурављова које се односе на примену композитне арматуре и на примену карбонских трака, које су у протеклом периоду обрађивале ову тематику.

У том смислу, аутори сматрају да ће градиво изложено у уџбенику, у односу на претходне публикације иновирано, а које практично покрива целокупну област предавања из овог предмета, заиста помоћи у ширем разумевању проблематике грађевинских материјала не само код студената, већ и код других стручњака посвећених примени материјала у грађевинарству.

Уџбеник „Савремени материјали у грађевинарству“ написан је на 306 страна, са преко 120 литературних јединица. На крају сваког од поглавља дат је списак питања која могу помоћи студентима у одвајању важних од мање важних информација.

Уџбеник се састоји од Увода и деветнаест поглавља, која се могу појединачно разматрати. Поглавље *Бетони високих чврстоћа* уводи појмове бетона високих, врло високих и ултрависоких чврстоћа и даје информације о специфичностима пројектовања и производње ових бетона

у односу на обичне бетоне. *Самоуграђујући бетони* је поглавље у коме су детаљно објашњене разлике између самоуграђујућих и обичних бетона, са посебним акцентом на принципима пројектовања и битним својствима ових бетона у свежем стању. У поглављу *Микроармирани бетони и малтери* уведен је појам микроармирања, објашњени су ефекти употребе различитих типова влакана на својства микроармираних композита и дата је класификација микроармираних бетона према важећим препорукама. Поглавље *Примена летећег пепела у грађевинарству* даје ширу слику проблема који одлагање летећег пепела представља за заједницу, подиже свест о значају проналажења начина његове поновне употребе, са посебним освртом на могућности које се за то пружају у грађевинарству. Поглавље *Еколошки аспект савремених грађевинских материјала*, има сличан циљ, да студенте упозна са значајем ове теме за целу заједницу, а посебно са могућностима које се у светлу рециклаже пружају грађевинским инжењерима.

Употреба полимера у циљу модификације структуре и својстава цементних композита је поглавље које се бави специјалном врстом малтера и бетона и уводи појмове полимер модификованих малтера и бетона и полимер малтера и бетона. Објашњене су предности и мане примене ових композита, који су у великој мери заступљени у савременом градитељству. Један од кључних ослонаца савремене науке о материјалима разматран је у поглављу *Проблематика трајности грађевинских материјала*. Дата је дефиниција термина трајност материјала, а затим објашњена на примерима грађевинског камена, грађевинске керамике, малтера, бетона, челика и полимера. Највећа пажња посвећена је, очекивано, трајности материјала у армирано-бетонским и челичним конструкцијама. У поглављу *Хемијски додаци бетону* објашњена је подела хемијских додатака као и технички захтеви које они морају да испуне. Обрађени су и механизми дејства типова хемијских додатака.

Историјат стакла, начини и могућности његове обраде и примене објашњени су у поглављу *Стакло и примена стакла у грађевинарству*. У поглављу *Термоизолациони материјали* дефинисана су својства од значаја за примену ових материјала и дате њихове различите поделе. *Примена обојених метала и њихових легура у грађевинарству* је поглавље које студентима приближава могућности примене алуминијума, бакра, цинка, олова и њихових легура у унутрашњем и спољашњем простору савремених објеката. У поглављу *Композитна арматура* дефинисан је појам ове арматуре, дискутована су њена физичко-механичка својства као и сличности и разлике између композитне и челичне арматуре. У поглављу *Карбонске траке* дефинисани су различити производи који су обухваћени овим термином

и слично као у претходном поглављу дата су поређења овог материјала и челичних ламела које су раније коришћене у санацији бетонских елемената.

Малтери посебних намена је поглавље у коме су дате основне информације о декоративним малтерима, малтерима за заштиту од буке, за заштиту од зрачења, хидроизолационим и термоизолационим малтерима, а детаљније су објашњени појмови, класификација и примена репаратурних малтера. У поглављу *Фина грађевинска керамика* дате су специфичности различитих група керамичких производа који проналазе своје место у савременим објектима: керамичке плочице, керамичке цеви, санитарна керамика, ватросталне глине и шамоте, итд. Адхезиви као помоћни материјали који се користе у производњи многих савремених материјала (изолациони материјали, плоче на бази опиљака дрвета, синтетичке сировине, гипс-картон панели), али и при спајању бетона, метала, стакла и других материјала, обрађени су у поглављу *Адхезиви*.

У поглављу *Полимери у савременом грађевинарству*, дата су објашњења и дефиниције појмова везаних за полимере, која су значајна за многа претходно описана поглавља, као што су на пример: *Хемијски додаци бетону*, *Употреба полимера у циљу модификације структуре и својстава цементних композита*, *Термоизолациони материјали*. Класе материјала које нису издвојене у оквиру посебних поглавља, поменуте су и додатно описане у поглављу *Производи од пластичних маса*. У поглављу *Геополимери* дате су дефиниције везане за ову групу материјала, описан је принцип добијања ових материјала, дато је објашњење геополимеризације, а дати су и примери састава и физичко-механичких својстава одређених геополимера.

Аутори се захваљују рецензентима, професору Зорану Грдићу, професорки Гордани Броћети и научној саветници Ањи Терзић на несебичном труду, залагању и коментарима који су помогли да се квалитет рукописа подигне на висок ниво. Своје веома корисне коментаре у рукопису дала је и професорка Милеса Срећковић и аутори се и њој захваљују овом приликом. Захвалност аутора упућена је и студенту Урошу Бејату који је помогао својим коментарима и дао решење корица за књигу. Коначно, аутори се захваљују и Иви Радић због њеног доприноса у области лектуре и уобличавања рукописа у складу са актуелним концептима.

У Београду, 28.04.2025.

Аутори

Садржај

1. Уводне напомене о науци о материјалима	1-1
2. Бетони високих чврстоћа	2-1
2.1. Увод	2-1
2.2. Бетони високих чврстоћа	2-3
2.3. Бетони врло високих чврстоћа	2-6
2.4. Бетони ултрависоких чврстоћа	2-8
3. Самоуграђујући (самозбијајући) бетони	3-1
3.1. Историјат SCC	3-2
3.2. Примери примене SCC	3-2
3.3. Састав самоуграђујућег бетона	3-4
3.4. Својства SCC у свежем стању	3-5
3.5. Тестови на свежој пасти/малтеру	3-7
3.6. Тестови на свежем SCC	3-9
3.7. Пројектовање састава SCC бетона	3-19
3.8. Предности и недостаци употребе SCC бетона.....	3-24
3.9. Економска анализа употребе SCC бетона	3-24
3.10. Употреба SCC бетона као видног (натур) бетона	3-26
4. Микроармирани бетони и малтери	4-1
4.1. Састав микроармираних композита	4-2
4.2. Ефекат влакана на својства микроармираних композита .	4-3
4.3. Својства влакана која се користе код микроармираних композита	4-5
4.4. Класификација микроармираних бетона	4-10
4.5. Примена микроармираних композита	4-12
5. Примена летећег пепела у грађевинарству	5-1
5.1. Мотивација за примену летећег пепела	5-1
5.2. Појам и порекло летећег пепела	5-3
5.3. Примери класификације летећег пепела	5-6
5.4. Области употребе летећег пепела	5-7
6. Еколошки аспект савремених грађевинских материјала	6-1
6.1. Принцип одрживог развоја и рециклирање у грађевинарству	6-2
6.2. Рециклирање грађевинских материјала	6-4
6.3. Рециклажа осталих материјала	6-19
7. Употреба полимера у циљу модификације структуре и својстава цементних композита	7-1
7.1. Полимерима модификовани малтери и бетони	7-1
7.2. Подела полимера и мономера који се употребљавају за модификацију малтера и бетона	7-2
7.3. Принцип латексне модификације и структурне карактеристике малтера и бетона модификованих латексима	7-3

7.4. Поједностављени модел процеса образовања	
Полимерног слоја на продуктима хидратације цемента ...	7-4
7.5. Својства ПММ и ПМБ у свежег стању	7-5
7.6. Својства мешавина у очврслом стању	7-8
7.7. Пасте типа премаза и шљема	7-12
7.8. Полимер малтери и бетони	7-14
8. Проблематика трајности грађевинских материјала	8-1
8.1. Трајност и облици корозије природног камена	8-1
8.2. Трајност и облици корозије производа грађевинске керамике	8-3
8.3. Трајност и облици корозије малтера	8-4
8.4. Трајност и облици корозије бетона	8-6
8.5. Трајност и облици корозије челика	8-15
8.6. Трајност и облици корозије материјала на бази полимера	8-19
9. Хемијски додаци бетону	9-1
9.1. Класификација хемијских додатака	9-2
9.2. Хемијски додаци који утичу на својства свежег бетона ...	9-5
9.3. Хемијски додаци који утичу на прелаз између свежег и очврслог бетона	9-10
9.4. Хемијски додаци који утичу на својства бетона у очврслом стању	9-13
9.5. Хемијски додаци с комбинованим дејством	9-15
10. Стакло и примена стакла у грађевинарству	10-1
10.1. Историјат стакла	10-1
10.2. Састојци за производњу стакла	10-2
10.3. Производња стакла	10-3
10.4. Области примене стакла у грађевинарству	10-4
10.5. Основна својства стакла	10-5
10.6. Обрада стакла	10-7
10.7. Врсте стакла	10-12
10.8. Стаклене фасаде	10-16
11. Термоизолациони материјали	11-1
11.1. Структура термоизолационих материјала	11-3
11.2. Термоизолациони материјали органског порекла	11-5
11.3. Термоизолациони материјали минералног порекла	11-9
12. Примена обојених метала и њихових легура у грађевинарству	12-1
12.1. Алуминијум у грађевинарству	12-2
12.2. Цинк у грађевинарству	12-5
12.3. Бакар у грађевинарству	12-10
12.4. Олово у грађевинарству	12-12
13. Композитна арматура	13-1
13.1. Композитна (GFRP) арматура	13-1
13.2. Области примене композитне арматуре	13-2
13.3. Радни дијаграм композитне арматуре	13-2

13.4. Основна анализа потребне дужине сидрења у бетону у случају примене композитне арматуре	13-4
13.5. Неки примери примене композитне арматуре	13-6
13.6. Илустративна економска анализа примене композитне арматуре	13-8
13.7. Предности и мане употребе композитне арматуре	13-9
13.8. Трајност композитне арматуре	13-10
14. Карбонске траке	14-1
14.1. Основна својства карбонских трака	14-2
14.2. Начини примене карбонских трака	14-4
14.3. Поставке прорачуна приликом примене карбонских трака – тканина и трака – ламината	14-6
15. Малтери посебних намена	15-1
15.1. Репаратурни малтери	15-1
15.2. Малтери који се користе у завршним радовима	15-11
16. Фина грађевинска керамика	16-1
16.1. Подела производа fine грађевинске керамике	16-1
16.2. Компоненте сировинске масе	16-2
16.3. Глазуре	16-6
16.4. Технолошки процес производње fine грађевинске керамике	16-9
16.5. Керамичке плочице	16-11
16.6. Керамичке цеви	16-13
16.7. Санитарно-технички производи	16-15
16.8. Остали фини керамички материјали	16-16
17. Адхезиви	17-1
17.1. Принцип дејства и категорије примене адхезива	17-1
17.2. Подела адхезива на основу њиховог састава	17-3
17.3. Предности и мане употребе адхезива	17-6
17.4. Поступање с адхезивима	17-7
17.5. Примери испитивања адхезива	17-12
18. Полимери у савременом грађевинарству	18-1
18.1. Структура полимера	18-1
18.2. Физичко-механичка својства полимера	18-6
18.3. Понашање полимера под дуготрајним оптерећењима ...	18-8
18.4. Примери полимера који се користе у грађевинарству ...	18-10
19. Производи од пластичних маса	19-1
19.1. Састав пластичних маса	19-1
19.2. Својства пластичних маса	19-3
19.3. Подела производа од пластичних маса	19-5
20. Геополимери	20-1
20.1. Предности и недостаци примене геополимера	20-2
20.2. Синтеза односно полимеризација геополимера	20-3
20.3. Компоненте геополимера	20-4
20.4. Најважнија својства геополимера у свежем и очврслом стању	20-8

20.5. Примери примене геополимера	20-8
Литература	Л-1
Листа слика	Л-9
Листа табела	Л-19