

ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ПОКАЗНИКИ МЕТАЛУРГІЙНИХ ШЛАКІВ ЯК МАТЕРІАЛУ ДЛЯ СТВОРЕННЯ ШТУЧНИХ ТЕРИТОРІЙ МОРСЬКИХ ТЕРМІНАЛІВ І ЗАСИПОК ОТОРОЧОК

**Школа О.В., д.т.н., проф., Мосічева І. І., к.т.н., доц.,
Марченко М.В., к.т.н., доц., Котляр А.С.**
(Одеська державна академія будівництва та архітектури)

Можливість використання відходів металургійних комбінатів у вигляді шлаків як основного матеріалу для заповнення підпростверкових просторів набережних-естакад реконструйованих причалів, а також при створенні штучних територій відпрацьовувалася в Маріупольському морському торговельному порту протягом декількох років. Докладні результати у вигляді науково-технічних звітів поступово накопичувалися в техвідділу ГТБ порту, оскільки ефективність такої утилізації шлаків виявилася очевидною. Значний обсяг досліджень фізичних і механічних властивостей шлаків металургійних комбінатів Ілліча і Азовсталі проведено під науковим керівництвом доктора технічних наук, професора Школа О. В. Лабораторні та натурні визначення й випробування виконувалися для двох видів металургійних шлаків – гранульованих (ШМГ) і негранульованих (ШМНГ), які відрізнялися технологією виробництва.

Таблиця 1. Гранулометричний склад металургійних шлаків

ШМГ									
Розмір, мм	< 15	< 10	< 7	< 5	< 3	< 2	< 1	< 0,5	< 0,25
Склад, %	100	98,7	96,5	92,7	87,4	83,4	76,6	63,0	30,3
ШМНГ									
Розмір, мм	< 40	< 20	< 10	< 5	< 2,5	< 1,25			
Склад, %	100	42,1	12,5	2,5	0,6	0,2			
Діаметри зерен в мм забезпеченості 10% і 60%, відповідно, d_{10} і d_{60} по кривим гранулометричних складів і коефіцієнтів однорідності $C_u = d_{60}/d_{10}$									
				d_{10}	d_{60}	C_u			
ШМГ				1,3	2,3	1,77			
ШМНГ				9	25	2,78			

Для шлаків визначалися гранулометричний склад, значення щільності складання від пухкого до щільного і ступінь ущільнення. Досліди проводилися з триразовою повторюваністю, будувалися криві гранулометричного складу, за якими встановлювалася ступінь неоднорідності шлаків C_u (таблиця 1).

За результатами визначень обидва види шлаків за фракційним складом віднесені до великоуламкових і однорідних, а їх стан за щільністю складання найзручніше характеризувати величиною коефіцієнта відносної щільності за виразом:

$$D_o = (e_{max} - e_{природ}) / (e_{max} - e_{min}), \quad (1)$$

5.

де e_{max} , e_{min} – коефіцієнти пористості шлаків, відповідно, в гранично щільному і гранично пухкому станах. $D_o = 0$ – відповідає гранично пухкому, а $D_o = 1$ – гранично щільному станам.

Вираз D_o через щільність ρ шлаків у тих самих станах:

$$D_o = (1 - \rho_{/природ}^{min}) / (1 - \rho_{/max}^{min}), \quad (2)$$

де $\rho_{/природ}^{min} = \rho_{min} / \rho_{природ}$; $\rho_{/max}^{min} = \rho_{min} / \rho_{max}$.

Осередненні значення ρ , г/см³, і e_{max} , e_{min} наведені в таблиці 2.

Таблиця 2. Фізичні характеристики шлаків

Вид шлаку	ρ_{max} , г/см ³	ρ_{min} , г/см ³	e_{max} , В.О.	e_{min} , В.О.
ШМГ	1,55	1,20	1,30	0,78
ШМНГ	1,32	1,02	1,83	1,19

В розрахунках для e_{max} і e_{min} приймалися дослідні значення щільності ρ_S для ШМГ і ШМНГ, відповідно, 2,76 г/см³ і 2,89 г/см³.

Наявність великих фракцій шлаку, істотно ускладнювали лабораторні випробування на стандартних компресійних приладах з малими розмірами приймальних пристроїв. Тому для достовірності визначення характеристик стисливості були розроблені і застосовані здвоєні великогабаритні компресійні прилади діаметром 375мм і висотою 100мм. Установка включала два товстостінних циліндра з верхніми і нижніми перфорованими штампами, навантажувальні пристрої з секторних важелів з співвідношенням 1:35, системи блоків, трсів і підвісок.

Вертикальне зусилля на зразки передавалося динамометрами з точністю 0,5...1 кПа для зусиль 30...50 кН. Деформації зразків

вимірювалися двома індикаторами годинникового типу з точністю 0,01мм. Виконано по чотири паралельні серії випробувань для шлаків ШМГ і ШМНГ в повітряно-сухому і водонасиченому станах. Кожна серія включала п'ять парних випробувань при щільності складання $D_o=0; 0,25; 0,50; 0,75; 1,0$. Обробка та аналіз результатів експериментів виявили тісну функціональну залежність між відносними деформаціями і навантаженням у вигляді:

$$\varepsilon_p = \varepsilon_p(D_o = 0) \cdot p^m = A \cdot p^m, \quad (3)$$

де A і m – протабульовані коефіцієнти.

Обчислені за результатами компресійних випробувань величини нормативних значень модуля деформації для шлаків обох видів наведено в таблиці 3.

Таблиця 3. Нормативні значення компресійного модуля деформації металургійних шлаків E_k , МПа

Шлак	Стан	Модуль загальної деформації E_k , МПа при коефіцієнті відносної щільності D_o , який дорівнює				
		0	0,25	0,50	0,75	1,00
ШМГ	Повітряно-сухий	6,0	7,0	8,5	10,0	12,0
	Водонасичений	4,5	5,5	6,5	8,0	10,0
ШМНГ	Повітряно-сухий	7,5	9,0	11,5	15,0	18,0
	Водонасичений	6,0	7,5	9,5	12,0	15,0

Значення модуля деформації як прямого базового показника опору основ, сформованих з металургійних шлаків, свідчить про значний потенціал таких фізичних середовищ. Використання шлаків є економічно ефективним як з технічних і ресурсних витрат, так і з екологічної сторони. Цей підхід має такі переваги: а) шлаки є відмінним фільтром, причому, внаслідок неоднорідного гранулометричного складу, вони частково мають властивості «зворотного фільтра»; б) при постійному зволоженні вони утворюють монолітну пористу структуру з міцністю на стиснення до 0,5...1,0МПа; в) використання металургійних шлаків як дренаючого матеріалу дозволяє також вирішити важливу екологічну проблему утилізації відходів виробництва. Разом з тим, необхідно виконувати глибинне і поверхневе ущільнення таких основ при жорсткому поопераційному контролі щільності.