



САФАРОВ Елман Гасанбей огли,

канд. техн. наук,

доцент кафедри автомобільного транспорту

та сучасної інженерії,

Відкритий міжнародний університет розвитку людини

«Україна»

ORCID ID: 0000-0002-4584-5539

ПОВЕДІНКА МЕТАЛОКЕРАМІЧНИХ ТВЕРДИХ СПЛАВІВ ПРИ ДИНАМІЧНОМУ СТИСКАННІ

Розвиток сучасних технологій потребує застосування нових інноваційних матеріалів. У зв'язку з цим виникає потреба у визначенні динамічних механічних характеристик металокерамічних твердих сплавів.

Як об'єкти дослідження взяти такі марки:

ВК3М – використовується для чистової обробки металу, зокрема, для виготовлення різців для чистового точіння та фрез для чистової обробки. Має високу твердість і зносостійкість, що робить його ідеальним для роботи з такими матеріалами, як сталь, чавун, кольорові метали та їх сплави;

ВК6 – найчастіше використовується для виготовлення різального інструменту для обробки загартованих сталей, чавуну та кольорових металів. Застосовується для виготовлення різців, фрез, свердел та інших інструментів для напівчистової та чорнової обробки. Завдяки своїй твердості та зносостійкості, ВК6 застосовують у виробництві інструментів для холодної висадки та штампування;

ВК15 – призначений для обробки високоміцних матеріалів, таких як інструментальні сталі та сплави. Застосовується для виготовлення фрез, свердел, а також для виготовлення різців для точіння та фрезерування;

ВК20 – використовується для виготовлення інструменту для обробки матеріалів з високою твердістю, таких як загартовані сталі, сплави титану

та нікелю. Застосовується для виготовлення різців, фрез, свердел, а також для виготовлення штампувальних та висаджувальних інструментів. У цій статті описані методика та результати випробувань металокерамічних твердих сплавів на динамічний стиск.

З метою визначення механічних характеристик матеріалів при високих швидкостях навантаження розроблено ряд методик¹, що дозволяють реєструвати зусилля за імпульсної взаємодії тіл. З цією метою реєструють переміщення торця ударника високошвидкісною камерою або перетворювачем прискорення. Дані методики мають низку недоліків та обмежень. У методиках реєстрації сили взаємодії, заснованих на визначення негативного прискорення або переміщення похибка отриманих даних може досягати 25% внаслідок нехтування хвильовими процесами та подвійного графічного диференціювання.

Вільні від вищезазначених недоліків методики², в яких зусилля взаємодії оцінюється по пружній деформації силовимірника на деякій відстані від зони контакту, що реєструється за допомогою тензорезисторів. Однак, при високих навантаженнях на фронті навантажень тензорезистори виходять з ладу в початковій стадії процесу. У роботі³ описано методику безперервної реєстрації зусилля взаємодії за допомогою ємнісного датчика. Ця методика вільна від нестачі тензорезисторів, пов'язаних із навантаженнями.

Хоча визначенню динамічних характеристик міцності присвячено безліч робіт, є необхідність в отриманні експериментальних даних більш простими експрес-методами.

Важливим фактором є те, що описане дослідження не вимагає трудномісткої осцилографічної реєстрації залежності «зусилля-деформація» для оцінки механічних характеристик випробуваного матеріалу. Пара-

1 Зубов, В. І., Степанов, Г. В., Широков, О. В. Вплив швидкості деформації на межу пластичності сталей різної міцності // *Проблеми міцності*. 2003. №5. С. 113-121.

2 Стрижало, В. О., М.В.Бородій, М. В. Експериментальні методи в механіці деформівного твердого тіла. Навчальний посібник // Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 2022. 306 с.; Ващенко, О. П. Експериментальні методи та механізми властивості конструкційних матеріалів при високошвидкісному деформації ($10^2...10^5$ с⁻¹) та температурах 77...773° К // *Проблеми міцності*. 2002. №3. С. 55-61; Ващенко, О. П. Механічні випробування конструкційних матеріалів за високошвидкісного розтягу у широкому діапазоні температур. Навчальний посібник // Київ: Національний трансп. ун-т, 2000. 93 с.; Сафаров, Е. Г. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Поведінка матеріалів при імпульсному навантаженні». Навчальне видання // Київ: Університет "Україна", 2025. 24 с.

3 Ващенко, О. П., Степанов, Г. В., Сафаров Е. Г. Динамічний опір конструкційних матеріалів зрізу // *Проблеми міцності*. 1987. №2. С. 45-47.

метри проведених експериментів відповідають експлуатації деталей із поліамідів у реальних умовах експлуатації.

Динамічні випробування на стиск виконували за методикою⁴. Циліндричний зразок 1 (рис. 1) розміщують між передавальним бойком 2, виконаним зі сферичною головкою для вирівнювання зусилля по всьому перерізу та опорним конічним індентором 3, який упирається на площину силовимірювального елемента 4 у вигляді диска, розміщеного на масивній ковадлі 5.

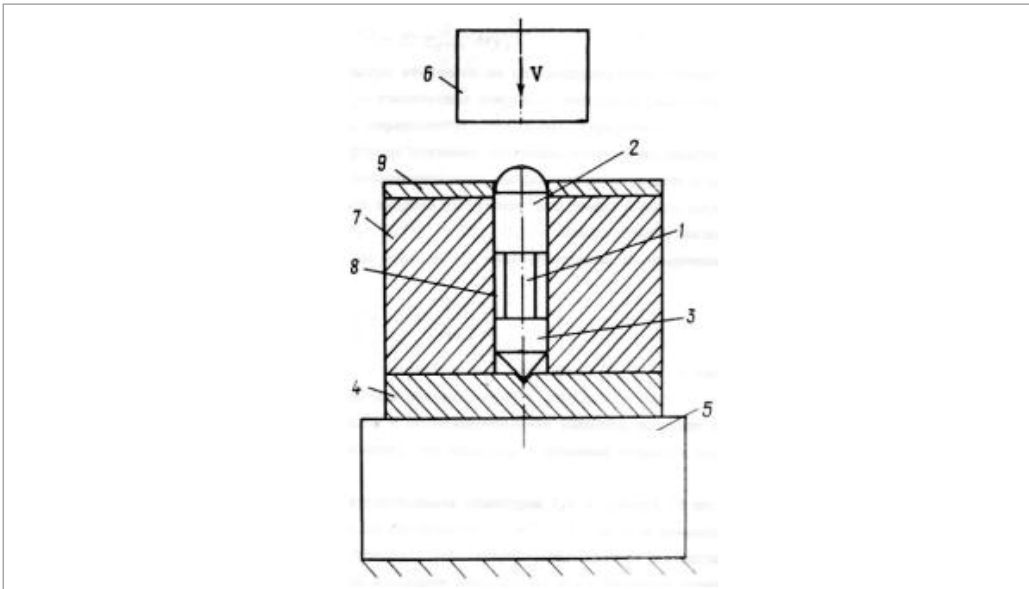


Рис. 1. Схема проведення експерименту

При виборі конічної форми індентора виходили з відносної простоти виготовлення та необхідності однакового ступеня відносної деформації в міру застосування, що визначається геометричною подібністю відбитків. Зразок навантажували ударом баби 6 по передаючому бойку 2. Для забезпечення співвісності бойок і індентор центрують втулкою 7 з направляючим отвором 8. Необхідний ступінь деформації зразка забезпечується обмежувальними шайбами 9. Силовимірювальний елемент попередньо тарується статичним впровадженням у нього недеформованого конічного індентора під гідропресом, реєстрацією зусилля впровадження та відповідних йому розмірів відбитка. Силовимірювальний елемент

⁴ Степанов, Г. В., Сафаров, Е. Г. Авторське свідоцтво «Спосіб динамічних випробувань матеріалів» № 1434321 від 1.07.1988 р.

виготовляли з матеріалу, малочутливого до швидкості деформації в межах $\dot{\epsilon} < 10^3 \text{ с}^{-1}$ (сплав Д16Т), що дозволяє при динамічному навантаженні користуватися статичною таріровкою.

Максимальне зусилля, що діє на зразок, визначається виразом:

$$P = \pi r_m^2 H_s \quad (1)$$

де r_m – радіус відбитка на силовимірювальному елементі;

$H_s = P_{\max} / \pi r_{\max}^2$ – твердість матеріалу силовимірювального елемента, визначається статичною таріровкою. Для побудови істинної діаграми стиснення «напруження-деформація» проводять ряд послідовних навантажень випробуваного зразка, визначаючи після кожного його відносну деформацію $\epsilon_i = (h_0 - h_i) / h_0$ (h_0, h_i – відповідно початкова та поточна висота зразка), $r_{n.i}$ – поточний радіус зразка та відповідні їй напруження:

$$\sigma_i = P_i / \pi r_{n.i}^2 = H_s (r_{m.i} / r_{n.i})^2 \quad (2)$$

де $r_{m.i}$ – поточний радіус відбитка; $r_{n.i}$ – поточний радіус зразка; σ_i – поточні дійсні напруження. При необхідності підвищення швидкості деформування зразка, в силовимірювальному елементі утворюють попередній відбиток, що призводить до зниження швидкості впровадження індентора.

Зразки виготовляли діаметром 7,5 мм та висотою 14 мм, яких випробовували на динамічний ($v = 6 \text{ м/с}$) стиск.

Зразки руйнувалися після одноразового навантаження шляхом поділу на безліч дрібних шматочків.

У таблиці 1 наведено значення максимальних $\sigma_{\max}$ та середніх σ_{avg} напружень крихкого руйнування поліамідів на стиск.

Таблиця 1

Максимальні $\sigma_{\max}$ та середні σ_{avg} напруження крихкого руйнування поліамідів на стиск

Марка	$v, \text{ м/с}$	$\sigma_{\max}, \text{ ГПа}$	$\sigma_{\text{avg}}, \text{ МПа}$
1	2	3	4
ВК-20	6	4.75	4.99
		5.28	
		4.96	
ВК-3М	6	5.12	4.72
		4.50	
		4.54	

Продовження табл. 1

1	2	3	4
BK-6	6	4.65	4.64
		5.04	
		4.25	
BK-15	6	4.10	4.41
		4.72	
		4.43	

Отримані дані дозволяють використовувати їх в інженерних розрахунках.

DOI: 10.51587/9798-9917-51957-2025-025-103-107

САФАРОВ Елман Гасанбей огли,

канд. техн. наук,

доцент кафедри автомобільного транспорту

та сучасної інженерії,

Відкритий міжнародний університет розвитку людини

«Україна»

ORCID ID: 0000-0002-4584-5539

МЕХАНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ КАПРАЛОНУ ПРИ ДИНАМІЧНОМУ НАВАНТАЖЕННІ

Внаслідок обмеження експериментальних даних щодо впливу швидкості деформації на механічні характеристики капролону обмежує їх застосування у виробках, що піддаються впливу імпульсних навантажень у процесі експлуатації. У статті описано методики та результати випробувань жорсткого капролону при ударних навантаженнях зі швидкостями деформації до 10^5 с^{-1} .

Динамічні випробування на розтяг проводилися на вертикальному копрі¹² (рис. 1) з вантажем, що падає (швидкості навантаження 1–10 м/с), статичні – на випробувальній установці «Інстрон».

1 Сафаров, Е. Г. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни "Поведінка матеріалів при імпульсному навантаженні". Навчальне видання // Київ: Університет "Україна", 2025. 24 с.

2 Стрижало, В. О., Бородій, М. В. Експериментальні методи в механіці деформівного твердого тіла. Навчальний посібник // Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», 2022. 306с.