

АВТОМАТИЗОВАНА УСТАНОВКА ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЕПОКСИКОМПОЗИТНИХ ПОКРИТТІВ ПРИ ЗГИНАННІ

*Букетов А.В., Івченко В.В.,
ВНЗ «Херсонський державний морський інститут»,
Стухляк П.Д., Чихіра І.В.,
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя,
Трембач Р.Б.,
Тернопільський національний економічний університет*

У роботі розроблено автоматизовану установку для дослідження фізико-механічних властивостей захисних покриттів на основі полімерів при згинанні. Проведено експериментальні дослідження фізико-механічних властивостей епоксидних композитних покриттів, нанесених на металеву основу. Обґрунтовано механізм підвищення точності досліджень внаслідок зменшення тертя між елементами розробленого пристосування і умов деформування взірця.

Ключові слова: властивості, покриття, смола.

Постановка проблеми. Завдяки високим експлуатаційним властивостям епоксидні композити знаходять все більш широке застосування у вигляді конструкційних матеріалів у електрометалургії, машинобудуванні, хімічній та харчовій промисловості. Підвищені вимоги до надійності, технології ремонту машин і механізмів в умовах тривалої експлуатації під впливом агресивних середовищ викликають необхідність досліджень, спрямованих на дослідження деформаційних і міцнісних властивостей полімерних композитних матеріалів (ПКМ). У цьому плані першорядне значення має вибір параметру оцінки динамічних властивостей матеріалів за двома основними критеріями: роботі, необхідної для розвитку процесів деформування і руйнування зразків певної форми з одного боку, та використання напружено-деформаційних характеристик матеріалів (група силових параметрів) з іншого [1].

Одним з енергетичних параметрів, який широко використовують при аналізі напруженого деформованого стану матеріалів, є динамічна характеристика залежності відносної деформації від граничної сили при різних швидкостях навантаження зразка. Силові параметри у свою чергу об'єднують сукупність таких характеристик, як руйнівне напруження, граничні деформації руйнування, модуль пружності та ін. Аналіз результатів попередніх досліджень показує, що практично усі дослідники приділяють основну увагу лише одній з названих груп: енергетичних або силових [1]. Даний підхід не дає повного уявлення про поведінку матеріалу при динамічному навантаженні, позаяк у процесі деформування ПКМ на межі поділу фаз «матриця-наповнювач» виникає локалізація напружень руйнування. Даний фактор викликає швидке зростання критичних величин напружень, що призводить до мікрокогезійного розтріскування на межі поділу фаз і подальше руйнування матеріалу в цілому. Отже, фізико-

механічні характеристики ПКМ залежать від когезійної міцності системи «матриця-наповнювач», а оцінка динамічних властивостей композитів повинна проводитись на підставі узагальнення енерго-силових параметрів епоксикомпозитних матеріалів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним з основних способів визначення енерго-силових параметрів міцності ПКМ є випробування в умовах згину. Це пов'язано з простою схемою навантаження зразків, наявністю адекватного математичного опису їх поведінки, а також з можливістю досліджень апарату для оцінки широкого комплексу механічних характеристик. Підхід при оцінюванні енергетичних і силових параметрів зразка у результаті деформації дозволяє:

- дослідити динаміку кількісних змін параметрів зразка у процесі деформування, що дозволяє якісно оцінити енергію когезійних зв'язків у ПКМ;

- наочно сконцентрувати на одній координатній площині безліч експериментальних даних, при різних режимах навантаження зразка;

- встановити одночасний оптимум руйнуючих напружень при заданому модулі пружності залежно від деформації зразка.

Однак, відомі методики дослідження матеріалів на згинання (ГОСТ 4648-71) мають ряд недоліків: наявність сил тертя між зразком і опорами при його деформації, локальним накладанням згинаючих сил, нерівномірністю прикладання сили деформації або руйнуванням поза зоною дії максимальних напружень [2]. У зв'язку з цим необхідно відзначити, що похибки, викликані даними факторами досить істотні, оскільки коефіцієнт тертя залежить від стану поверхні матеріалу, що випробовують, швидкості відносного руху поверхонь тертя і їх геометричної форми. Крім цього, нерівномірність навантаження на зразок призводить до виникнення тангенціальних деформацій і веде до руйнування зразка поза зоною максимальних напружень, що, фактично, спотворює форму діаграми деформування. Все це значно спотворює інформацію про реальний характер деформації ПКМ і може призвести до невірних оцінок характеристик матеріалів. Отже, для правильної оцінки фізико-механічних властивостей ПКМ необхідно використовувати точніші методики, які включають визначення енерго-силових параметрів при мінімізації вище перерахованих похибок під час дослідження. Тому у даній роботі розглядаються методичні питання випробувань ПКМ при згинанні, обговорюються основні закономірності деформування та руйнування, котрі спостерігають при дослідженнях полімерних композитів і захисних покриттів на їх основі. Особливо актуальними є дослідження матеріалів наповнених дисперсними частками різної фізичної природи для встановлення основних шляхів вдосконалення відомих методик дослідження деформацій матеріалів при згинанні, що спрямовані на максимальне зменшення похибок отриманих результатів випробувань. Доцільним було б проводити дослідження зразків у вигляді металевої основи з нанесеним на неї епоксикомпозитом.

Мета роботи – розробка автоматизованої установки для дослідження фізико-механічних властивостей захисних покриттів при згинанні.

Матеріали для досліджень. У якості об'єкта досліджень обрано промисловий епоксидний олігомер марки ЕД-20 (ГОСТ 10587-84), котрий характеризується високою адгезійною і когезійною міцністю, невеликою усадкою при формуванні у виробі, також достатніми технологічними властивостями при нанесенні на поверхні зі складним профілем та розвинутою сировинною базою в Україні. Для полімеризації епоксидних композицій використовували затверджувач поліетиленполіамін ПЕПА (ТУ 6-05-241-202-78). При формуванні одношарових композитних покриттів (КП) з рівномірним розподілом двокомпонентного полідисперсного наповнювача у епоксидний зв'язувач вводили частки коричневого шламу (КШ) з дисперсністю 63 мкм і вмістом 40 мас.ч., діоксиду титану з дисперсністю 10-20 мкм і вмістом 60 мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидного олігомеру ЕД-20 і 10 мас.ч. ПЕПА (тут і далі за текстом вміст наповнювача наведено у мас.ч. на 100 мас.ч. зв'язувача). При формуванні функціонально-градієнтних покриттів вводили КШ і діоксид титану при тому ж вмісті і додатково вводили карбід кремнію при вмісті 80 мас.ч. на 100 мас.ч. епоксидного олігомеру ЕД-20.

Одношарові покриття з рівномірним розподілом двокомпонентного дисперсного наповнювача формували за такою технологією: дозування компонентів, їх гідродинамічне суміщення, введення затверджувача ПЕПА і затвердження композиції. Затверджували покриття за експериментально встановленим режимом. Далі проводили дослідження зразків.

Функціонально-градієнтні покриття формували за такою технологією:

– формування адгезійного шару товщиною 100 мкм, котрий містить частки КШ і діоксиду титану; витримка упродовж 2 год. при температурі $T = (293 \pm 2) \text{ K}$ для забезпечення взаємодії між шарами функціонально-градієнтного покриття;

– нанесення корозійностійкого шару товщиною 200 мкм не пізніше, ніж за 2 год. після нанесення адгезійного шару, котрий містить карбід кремнію; витримка покриття упродовж 72 год. при температурі $T = (293 \pm 2) \text{ K}$. Для стабілізації структуруючих процесів у матеріалі взірці витримували протягом $\tau = 60$ год на повітрі при температурі $T = 293 \pm 2 \text{ K}$ з наступним проведенням випробувань на згинання.

Для досліджень у вигляді основи використовували плоский взірець зі сталі Ст.3, на котрий з одного боку основи наносили покриття. Геометричні характеристики взірця з покриттям наступні:

– товщина: основи – $1,00 \pm 0,01$ мм, покриття – 0,4-1,4 мм;

– довжина: основи – $90 \pm 0,1$ мм, покриття – $25 \pm 0,1$ мм, відстань між опорами – $85 \pm 0,1$ мм;

– ширина: основи і покриття: $10 \pm 0,1$ мм.

За результатами досліджень будували криві залежності «навантаження (P) – прогин (Δl)» для взірців з покриттями. Потім визначали модуль пружності, максимальні значення тангенціальних і нормальних напружень, котрі характеризують відповідно адгезійну та когезійну міцність покриттів.

Розробка автоматизованої установки для дослідження фізико-механічних властивостей захисних покриттів при згинанні. Розроблені пристосування (рис. 1, 2) можна встановлювати на будь-якій випробувальній машині з межею вимірювання зусилля 104 Н з похибкою випробувань не більше 1 % і з постійною швидкістю переміщення індентора з похибкою не більше 2 %.

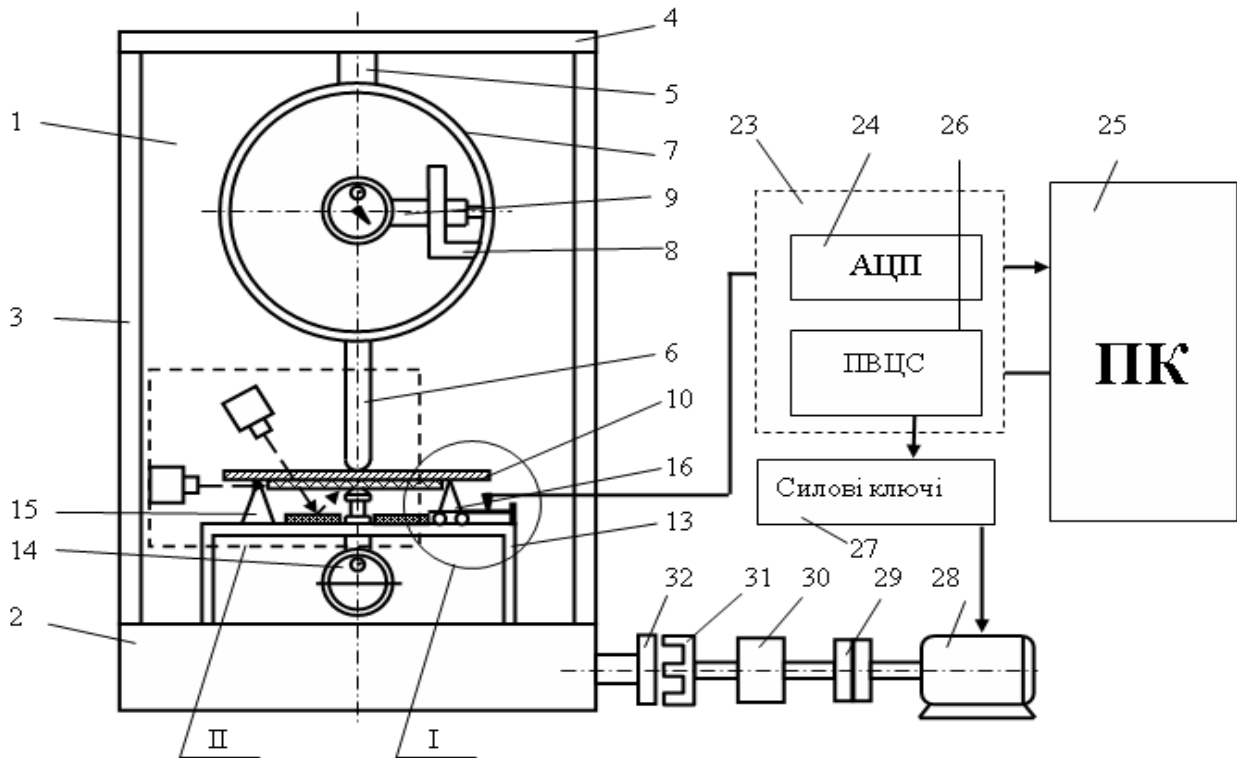


Рисунок 1 – Схема автоматизованої установки для дослідження фізико-механічних властивостей захисних покриттів при згинанні:
 1 – корпус; 2 – несуча рама; 3 – стійки; 4 – верхня опора; 5 – гвинт; 6 – індентор; 7 – навантажувальне колесо; 8 – захват; 9 – індикатор; 10 – взірць; 11 – металева основа взірця; 12 – захисне покриття; 13 – несуча опора; 14 – індикатор; 15 – нерухома опора; 16 – рухома опора; 17 – дзеркала; 18, 19 – цифрові камери; 20 – тензорезистор; 21 – пружина; 22 – шток; 23 – плата вводу-виводу дискретних сигналів; 24 – аналого-цифровий перетворювач (АЦП); 25 – персональний комп'ютер (ПК); 26 – порт виводу цифрових сигналів (ПВЦС); 27 – силові ключі; 28 – кроковий двигун; 29 – компенсаційна муфта; 30 – редуктор; 31 – захват; 32 – маховик.

Автоматизована установка для дослідження фізико-механічних властивостей захисних покриттів при згинанні містить розривну машину 1, яка обладнана системою вимірювання похибки навантаження до 1 % від максимального навантаження. Розривна машина 1 містить несучу раму 2, на якій кріпляться стійки 3, що з'єднані верхньою опорою 4. До верхньої опори 4 кріпиться гвинт 5, що здійснює рівномірно-поступальний рух індентора 6 через навантажувальне колесо 7, на котрому кріпиться захват 8 з індикатором 9, що призначений для вимірювання величини навантажувального зусилля.

Зовнішнє зусилля через індентор 6 здійснює деформацію і руйнування зразка 10, останній містить металеву основу 11 і захисне покриття 12. Така схема пристосувань для забезпечення рівномірного поступального руху індентора 6 через навантажувальне колесо 7 дозволяє досліджувати взаємодію інгредієнтів у композитному покритті та їх вплив на експлуатаційні характеристики композитних гетерогенних матеріалів. У роботі [2] показано, що фактори, котрі впливають на похибку вимірів діаграм деформування взірців, залежать від історії навантажування зразка і визначають характер кривої деформування. Тільки закон навантаження $V = \text{const}$ дозволяє не враховувати історію навантаження, що забезпечує отримання достовірних результатів випробувань.

Зразок 10 розміщений на пристосуванні, яке складається з несучої опори 13, у центрі якої жорстко закріплений індикатор 14, призначений для вимірювання величини деформації зразка. Також на пристосуванні розміщена нерухома 15 та рухома 16 опори, конструкція яких забезпечує максимальне зменшення коефіцієнту тертя між стінками зразка і вершиною опор, що дозволяє збільшити точність вимірювань. Така схема встановлення зразка забезпечує зменшення сили тертя між поверхнею досліджуваного матеріалу і вершиною опор. Крім цього, опора 16 може здійснювати переміщення в осьовому напрямку, що дозволяє досліджувати зразки різної довжини, а також забезпечує рівномірність навантаження через індентор 6. Вимірювання величини прогину зразка проводять індикатором 14, який жорстко закріплений у центрі несучої опори 13.

Пристосування додатково обладнане дзеркалами 17, котрі забезпечують можливість аналізу процесу розтріскування захисного покриття за допомогою цифрової камери 18 і його відшаровування за допомогою цифрової камери 19. При цьому цифрова камера 18 розміщена під кутом $45 \dots 60^\circ$ до осі індентора, що дозволяє шляхом використання дзеркал 17 фіксувати момент утворення тріщини і її приросту. Розміщення цифрової камери 19 на площині адгезійного зчеплення захисного покриття і основи, дозволяє аналізувати процес відшарування захисного покриття від нього.

Установка обладнана автоматизованою системою управління експериментом, котра складається з тензорезистора 20, що закріплений на пружині 21, з'єднаної з рухомою опорою 16 і штоком 22. При цьому тензорезистор 20 з'єднаний з платою вводу-виводу дискретних сигналів з гальванічною розв'язкою 23, яка через аналого-цифровий перетворювач 24 з'єднується з персональним комп'ютером 25 для припинення експерименту при руйнуванні взірця. Персональний комп'ютер 25 через порт виводу цифрових сигналів 26, який розміщений на платі вводу-виводу дискретних сигналів 23, і підсилювач, у вигляді силових ключів 27, з'єднаний з кроковим двигуном 28, що забезпечує вмикання і автоматичне вимикання електродвигуна. Для здійснення поступального руху гвинта 5 крутний момент від крокового двигуна 28 передається через компенсаційну муфту 29, редуктор 30 і захват 31 на маховик 32 розривної машини.

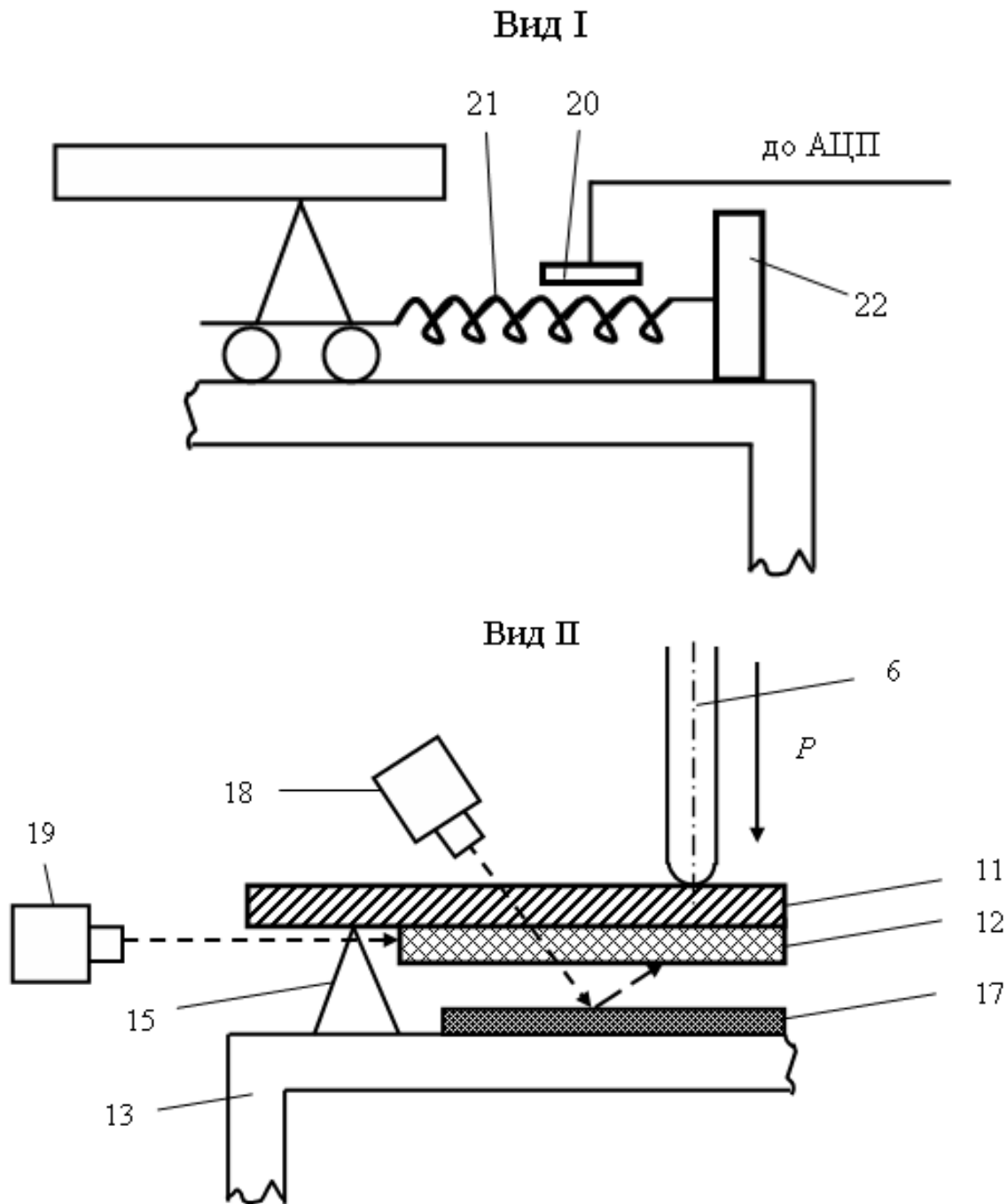


Рисунок 2 – Вигляд основних конструктивних елементів на розробленому пристосуванні (позначення див. на рис. 1)

Автоматизована установка для дослідження фізико-механічних властивостей захисних покриттів при згинанні працює таким чином. Крутний момент від крокового двигуна 28 передається через компенсаційну муфту 29, редуктор 30 і захват 31 на маховик 32 розривної машини 1. При цьому гвинт 5 здійснює рівномірно-поступальний рух униз індентора 6, внаслідок чого відбувається деформація зразка 10, котрий містить металеву основу 11 і захисне покриття 12. За допомогою цифрової камери 18, яка розміщена під кутом $45...60^\circ$ до осі індентора і дзеркал 17, що розташовані навколо індикатора 14 на несучій опорі 13, фіксують момент утворення тріщини і її приріст. За допомогою цифрової камери 19, котра розміщена на площині

адгезійного зчеплення захисного покриття і основи, аналізують процес відшарування захисного покриття від основи. Абсолютна величина деформації зразка 10 фіксується індикатором 14, що жорстко закріплений у центрі несучої опори 13, на котрій також розміщені нерухома 15 і рухома 16 опори. Рухома опора 16 під час деформації зразка здійснює осьове зміщення, яке фіксується тензорезистором 20, що закріплений на пружині 21. З тензорезистора 20 аналоговий сигнал потрапляє на плату вводу-виводу з гальванічною розв'язкою 23. За допомогою аналого-цифрового перетворювача (АЦП) 24 плати 23 даний сигнал перетворюється у цифровий код. По програмі, записаній у ПК, реєструється різка зміна амплітуди деформації пружини у момент руйнування зразка. Після цього з ПК через порт виводу цифрових сигналів 26 і силові ключі 27 на кроковий двигун подається сигнал про вимкнення двигуна. Далі здійснюють наступний цикл випробувань.

Результати дослідження та їх обговорення. Про структуру ПКМ, об'єм міжфазових шарів і надмолекулярних утворень, як якісних характеристик матеріалу, можна стверджувати, аналізуючи криві деформування зразків при згинанні, де пружна деформація, яка є проявом зсуву кінцевих груп макромолекул, поступово переходить у пластичну деформацію, яка є результатом відносного зміщення окремих груп макромолекул і дисперсних часток (рис. 3). Існує також механізм «деструктивної пластичності», коли відбувається утворення і розвиток сітки мікротріщин, що відображається на кривій деформування як додаткова зміна миттєвого модуля пружності матеріалу [2]. Очевидно, однією з найбільш суттєвих особливостей ПКМ, як матеріалів, що мають безліч початкових дефектів, є взаємозв'язок процесів деформування і руйнування, котрі значно залежать від структури матеріалу і природи наповнювача [3].

Досліджували на згинання систему «стальна основа–захисне покриття» в умовах рівномірного навантаження на розробленій автоматизованій установці. Аналізуючи криві залежності «навантаження (P)-прогин (Δl)» для зразків з покриттями (рис. 3) можна охарактеризувати поведінку матеріалу при деформації, релаксацію залишкових напружень у процесі деформації та швидкість локального руйнування композитів. Для сімейства кривих деформування системи «стальна основа–захисне покриття» можна виділити такі характерні властивості:

- істотна (якщо врахувати малі значення руйнівної деформації) нелінійність кривих деформування;
- у процесі навантаження зразків спостерігали три стадії деформації системи «стальна основа–захисне покриття»: пружна деформація, стабілізація, коли процес руйнування тимчасово припиняється і руйнування матеріалу;
- при відносно невеликих екстремальних напруженнях стадія стабілізуючих деформацій невелика або відсутня.

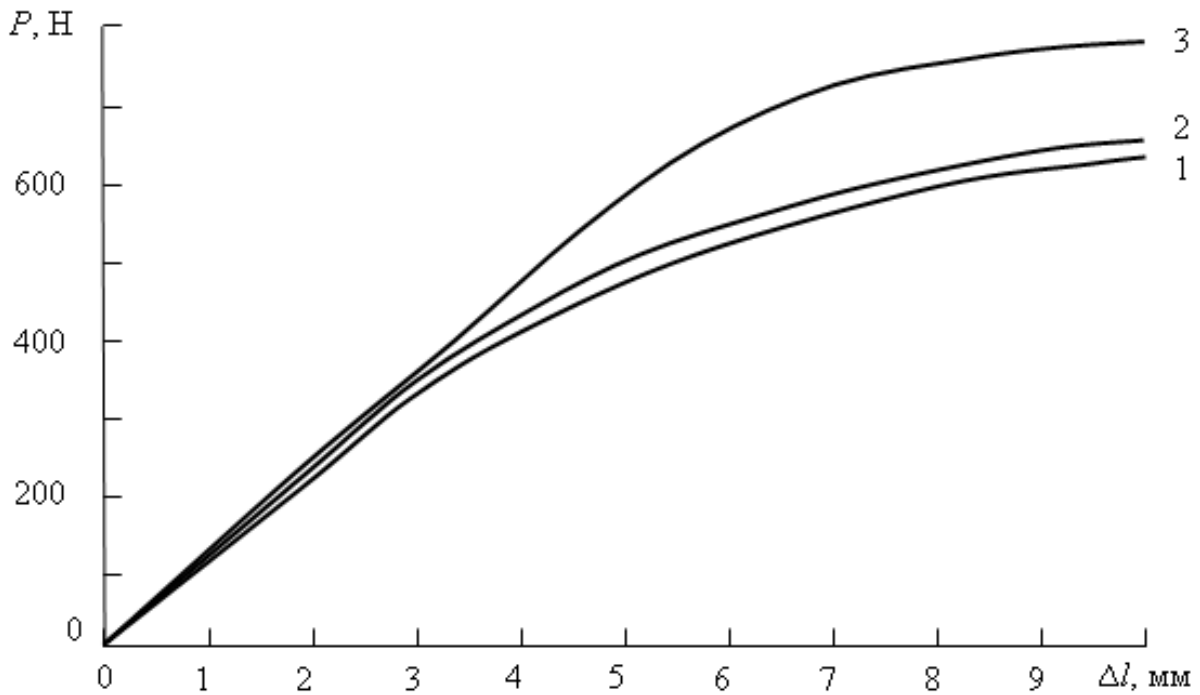


Рисунок 3 – Криві деформування зразків зі сталі з покриттями (товщина покриття – 0,6 мм):

1 – епоксидна матриця; 2 – одношарове покриття з рівномірним розподілом двокомпонентного дисперсного наповнювача; 3 – функціонально-градієнтне покриття.

Результати досліджень (рис. 3) характеризують енергетичні параметри деформування зразків. Площа під кривою деформації, що характеризує роботу руйнування, відмінна для окремих видів захисних покриттів. Крім цього, випробування при рівномірному навантаженні ($V = \text{const}$) дозволили виявити особливості поведінки ПКМ під навантаженням. Початкова стадія кривої характеризує накопичення пружної деформації, після чого спостерігали область стабілізації напружень. На наш погляд, ця область руйнування ПКМ характеризує процеси утворення і розвитку мікротріщин. При подальшому невеликому збільшенні навантаження повзучість матеріалу проявляється у формі значної зміни абсолютної величини деформації покриттів. Стосовно конструкційних ПКМ цей ефект називається втомною релаксацією. Отже, енергетичний параметр зміни модуля пружності матеріалу залежно від деформації зразка дозволяє стверджувати про якісні перетворення у структурі міжфазових шарів і розвитку тріщин у полімері, що суттєво змінює динаміку трансформації ПКМ. Якісний аналіз процесу деформації захисних покриттів при згинанні основи з адгезивом дозволяє констатувати, що залежно від структури матеріалу, природи та вмісту наповнювача у зв'язувачі і технології формування захисні покриття руйнуються по-різному.

Зокрема, при виникненні критичних напружень і абсолютних деформацій на межі поділу фаз «металева основа – одношарове покриття з рівномірним розподілом двокомпонентного дисперсного наповнювача»

спостерігали утворення поперечної тріщини і подальше розтріскування адгезиву у області дії індентора (показано стрілкою на рис. 4, а, б). Це свідчить про поліпшені адгезійні властивості захисного покриття. Навпаки, при виникненні критичних напружень і абсолютних деформацій на межі поділу фаз «металева основа – функціонально-градієнтне покриття» спостерігали відшарування адгезиву від основи, що свідчить про поліпшені когезійні властивості захисного покриття (рис. 4, в, г). Однак, для детальнішого аналізу впливу структури і технології формування досліджуваних покриттів на їх когезійні і адгезійні властивості необхідно обчислити значення тангенціальних чи дотичних напружень на межі поділу фаз «основа – покриття» і нормальних напружень у адгезиві. Лише порівняльний аналіз показників даних характеристик дозволить стверджувати про доцільність і ефективність їх експлуатації у виробничих умовах.

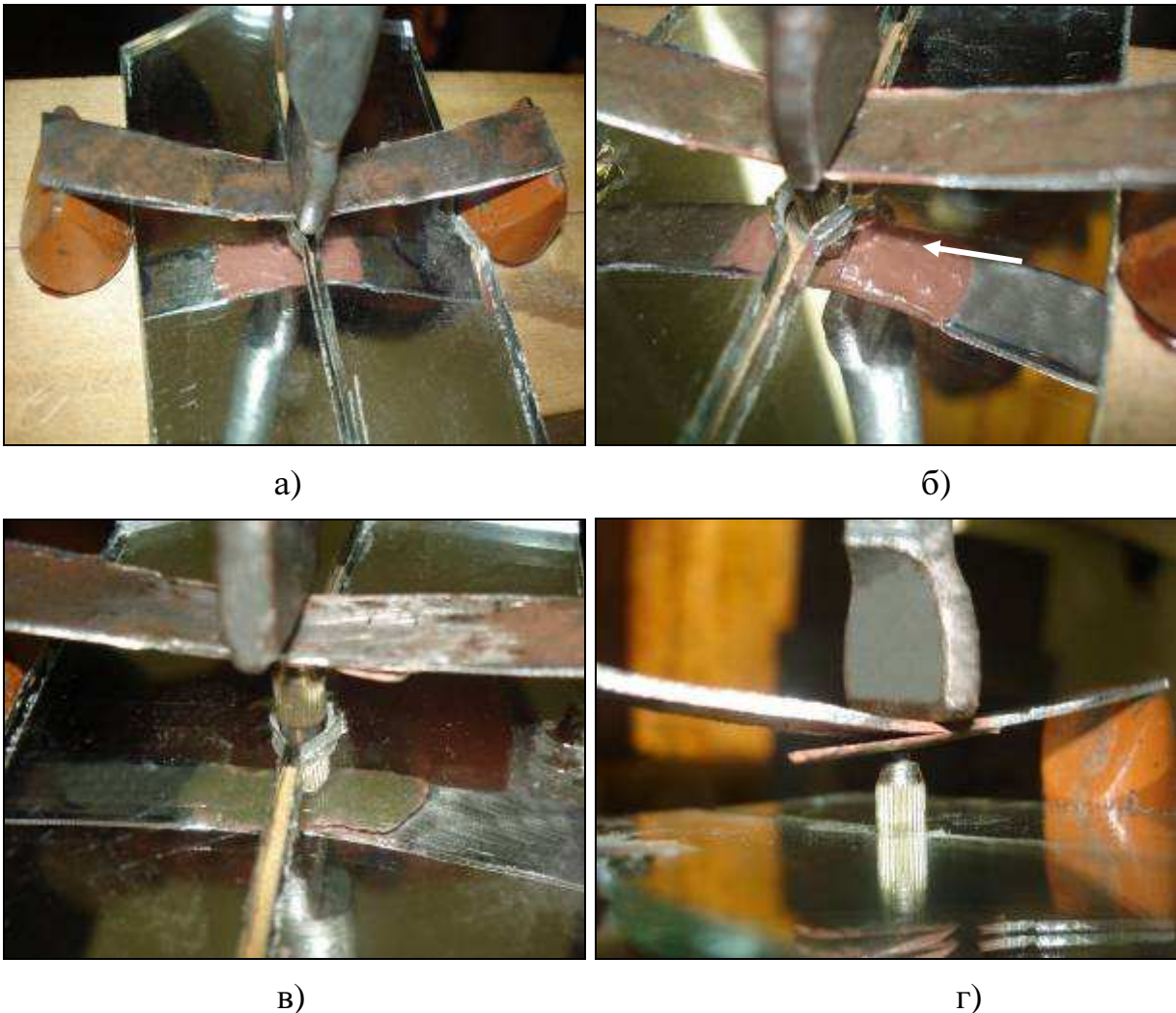


Рисунок 4 – Стадії утворення і поширення тріщини при згинанні системи «сталевий основ – захисне покриття»:

а, б) одношарове покриття з рівномірним розподілом двокомпонентного дисперсного наповнювача; в, г) функціонально-градієнтне покриття.

На думку авторів [1, 2] спосіб енергетичної оцінки динамічних властивостей матеріалів є найбільш ефективним стосовно класу полімерних композитів, особливо для сучасних епоксидних композитних матеріалів і захисних покриттів на їх основі. Проблема у цій галузі досліджень часто зводиться до того, що при формуванні даного класу матеріалів з оптимальними властивостями слід враховувати зміну як енергетичних, так і силових параметрів працездатності. Отже, для підтвердження описаних вище результатів якісного аналізу енергетичних результатів на розробленій установці проведені дослідження силових параметрів, зокрема – граничних характеристик ПКМ при згинанні. Результати досліджень руйнівного напруження і модуля пружності при згинанні епоксидних композитів у цілому корелюють з описаним вище якісним аналізом кривих деформування, що дозволяє зробити висновок про доцільність енерго-силового підходу при оцінці фізико-механічних властивостей ПКМ. Крім цього, представлена у вигляді комплексного підходу інформація про структурні зміни композитів у процесі деформування забезпечує можливість швидкого визначення найбільш перспективних матеріалів для подальших досліджень, що найбільш важливо при дослідженнях зі значними обсягами випробувань.

Слід зазначити, що при порівнянні енергетичних і силових параметрів не завжди проходить чітка кореляція між якісними і кількісними критеріями. На наш погляд це, у першу чергу, пов'язано зі складними фізико-хімічними процесами у ПКМ під час полімеризації і у подальшому зумовлює його поведінку при деформації. Аналіз кінетики формування міжфазових шарів і надмолекулярних утворень, релаксації залишкових напружень при повзучості, виникненні мікро- і макротріщин при старінні ПКМ, а також – зіставлення результатів прогнозованої поведінки з реальними результатами при їх експлуатації вимагають окремого розгляду.

Висновки. У роботі розроблено автоматизовану установку для дослідження фізико-механічних властивостей захисних полімеркомпозитних покриттів при згинанні. Розроблені пристосування можна встановлювати на будь-якій випробувальній машині з межею вимірювання зусилля 104 Н з похибкою випробувань не більше 1 % і з постійною швидкістю переміщення індентора з похибкою не більше 2 %. Запропонована схема пристосувань для забезпечення рівномірного поступального руху індентора дозволяє опосередковано аналізувати взаємодію інгредієнтів у композитному покритті та її вплив на силові і енергетичні параметри гетерогенних матеріалів. Крім того, показано, що фактори, які впливають на похибку вимірів діаграм деформування зразків, залежать від історії його навантажування і визначають характер кривої деформування. Водночас виконання умови $V = \text{const}$ дозволяє не враховувати історію навантаження, що забезпечує отримання достовірних результатів випробувань.

Система цифрових камер, що розміщена під кутом 45...60° до осі індентора у площині адгезійного зчеплення захисного покриття і основи забезпечує фіксацію моменту утворення тріщини у захисному покритті і її ріст та дозволяє аналізувати процес відшарування захисного покриття від

основи. Експериментально досліджено фізико-механічні властивості системи «металева основа-функціонально-градієнтне покриття». Обґрунтовано механізм підвищення точності досліджень внаслідок зменшення тертя між елементами розробленого пристосування і умов деформування зразка.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Рыбин А. А. Энерго-силовая оценка работоспособности пластмасс при динамических импульсных нагрузках / А. А. Рыбин, А. К. Добровольский, В. И. Костров // Заводская лаборатория. – 1987. – Т.53, № 8. – С. 78-80.

2. Гогоци Г. А. О корректности испытаний керамики на изгиб / Г. А. Гогоци, Я. Л. Грушевский, В. П. Завада // Заводская лаборатория. – 1990. – Т.56, № 2. – С. 80-85.

3. Липатов Ю.С. Межфазные явления в полимерах. – К. : Наукова думка, 1980. – 259 с.

Букетов А.В., Стухляк П.Д., Чихира И.В., Ивченко В.В., Трембач Р.Б.
АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ ПРИ ИЗГИБЕ

В работе разработана автоматизированная установка для исследования физико-механических свойств защитных покрытий на основе полимеров при изгибе. Проведены экспериментальные исследования физико-механических свойств оксидных композитных покрытий, нанесенных на металлическую основу. Обосновано механизм повышения точности исследований вследствие уменьшения трения между элементами разработанного приспособления и условий деформирования образца.

Ключевые слова: свойства, покрытие, смола.

Buketov A.V., Stuhlyak P.D., Chihira I.V., Ivchenko V.V., Tremach R.B.
AUTOMATED SETUP FOR STUDYING THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF PROTECTIVE COATINGS UNDER BENDING

Automated setup for studying physical and mechanical properties of protective coatings under bending is designed. Experimental research of physical and mechanical properties of epoxy polymers placed on metal base was conducted. Mechanism of increasing accuracy of researches due to lessening friction between the elements of the designed setup and conditions of the sample deforming is proved.

Key words: properties, coating, resin.