

Лабораторна робота №8 ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИКО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ХАРЧОВИХ МАТЕРІАЛІВ З ДОСВІДУ НА ПОВЗУЧОСТІ

Мета роботи: визначити механічні характеристики чотирьохелементної моделі пряникового тіста при кімнатній температурі.

1. Загальна характеристика

Реальні харчові матеріали володіють миттєвими пружними, запізнілими пружними і залишковими деформаціями.

Найпростішою моделлю, за допомогою якої можна описати поведінку таких матеріалів, як тісто, цукеркові маси та ін., є модель, яка складається з послідовного з'єднання двох описаних вище двоелементних моделей (рис. 1).

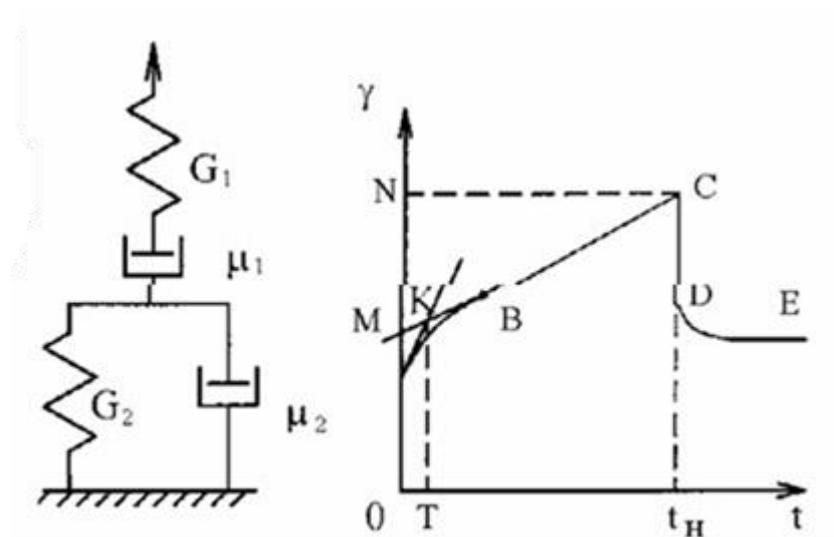


Рисунок 1 – Механічна модель і крива повзучості харчового матеріалу

Розвиток деформації в часі для реальних матеріалів при постійній нарузі називається **повзучістю**, а графіки залежності деформації від часу – **кривими повзучості**.

При миттєвому прикладанні нарузи τ при $t = 0$ виникає миттєва пружна деформація $\gamma_1 = \tau / G_1$ (див. рис. 1, **відрізок OA**).

Подальший розвиток деформації йде по кривій АВ. На цьому ділянці одночасно розвиваються запізнїла пружна деформація і деформація в'язкої течії.

Через певний час встановлюється пряmolінійна залежність (див. рис. 1, ділянка **BC**), що відповідає сталому стаціонарному процесу незворотної в'язкої течії при постійному значенні пружної деформації.

На ділянці **BC** деформація наростає з постійною швидкістю, яка характеризується тангенсом кута нахилу **прямої BC** до осі абсцис.

Швидкість течії пропорційна нарузі τ і оберненопропорційна в'язкості μ .

При $t = t_H$ напругу знімають, при цьому зникає миттєва пружна деформація γ_1 (див. рис. 1, відрізок $CD = OA$), а потім монотонно убиває запізніла пружна деформація γ_2 .

Зі збільшенням t , крива DE асимптотично наближається до кінцевого значення деформації, яка дорівнює залишковій деформації в'язкої течії γ_3 .

Таким чином, в період дії постійної напруги τ при $0 < t < t_H$ загальна деформація визначається наступним чином:

$$\gamma = \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 = \frac{\tau}{G_1} + \frac{\tau}{G_2} \left(1 - e^{-\frac{G_2}{\mu_2} t}\right) + \frac{\tau}{\mu_1} t \quad (1)$$

де: G_1 – модуль миттєвої пружної деформації; G_2 – модуль запізнілої пружної деформації; μ_1 – в'язкість матеріалу; μ_2 – в'язкість пружного післядії

За період навантаження $t-t_H$ загальна деформація γ відповідно до рис. 1 відповідає відрітку ON , пружна деформація – відрітку OA , деформація вузького течії G_3-MN , де точка M виходить при перетині відрізка BC з віссю γ , деформація – відрітку AM .

Характеристики G_1 і μ_1 визначаються з урахуванням рівності (1) за такими формулами:

$$G_1 = \frac{\tau}{\gamma_1} \quad (2)$$

$$\mu_1 = \frac{\tau \cdot \tau_H}{\gamma_3} \quad (3)$$

Враховуючи те, що запізніла пружна деформація γ_2 практично повністю завершується в точці B , модуль G_2 можна визначити:

$$G_2 = \frac{\tau}{\gamma_2} \quad (4)$$

В'язкість пружної післядії μ_2 визначають наступним чином.

Відношення μ_2/G_2 має фізичний сенс часу, протягом якого деформація γ_2 досягає 63% від максимального значення і носить назву час релаксації T .

Величина T визначається абсцисою точки перетину дотичної до кривої повзучості в точці A з прямою MBC .

Пояснюється це наступним.

Рівняння дотичної в точці A має вигляд:

$$\gamma = \gamma_1 + \left(\frac{\tau}{G_2 T} + \frac{\tau}{\mu_2}\right) t \quad (5)$$

Рівняння прямої MBC визначається виразом:

$$\gamma = \gamma_1 + \gamma_2 + \frac{\tau}{\mu_1} t \quad (6)$$

Прирівнюючи вираження (5) і (6), отримаємо абсцису точки перетину $t = T$, тоді:

$$\mu_1 = G_2 T, \quad (7)$$

З метою підвищення точності визначення фізико-механічних характеристик отримують кілька кривих повзучості при різних напруженнях.

Це дає можливість:

1) перевірити лінійність залежностей миттєвої пружної деформації, запізнілої пружної деформації та швидкості деформації в'язкої течії від напруги зсуву;

2) графічно визначити характеристики матеріалу за результатами декількох паралельних випробувань.

Прикладом використання характеристик матеріалу є розрахунок процесу нанесення рисунка на тестову заготовку.

Для збереження рисунка необхідно, щоб матеріал тестової заготовки володів залишковими деформаціями, істотно перевищують пружні. Знаючи напруга, що діє в матеріалі при впровадженні штампа, а також його фізико-механічні характеристики можна обчислити тривалість силового впливу на тестову заготовку.

Найпростішим видом випробування матеріалу на повзучість є зсув між двома паралельними пластинами.

Схема навантаження показана на рис. 2.

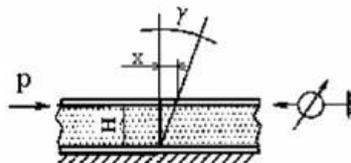


Рисунок 2 – Схема пристрою для отримання кривої повзучості харчових матеріалів:

H – зазор між пластинами; P – навантаження; X – зміщення

Зразок матеріалу заповнює простір між горизонтальними пластинами (прилад Толстого).

Поверхня пластин повинна бути рифленої для запобігання прослизання матеріалу по пластині. Площа пластини – F, зазор між пластинами – H (див. рис. 2).

Нижня пластина нерухома, а верхня – пов'язана з індикатором годинникового типу.

Якщо до верхньої пластині докласти навантаження P в горизонтальному напрямку, то на поверхні пластини виникнуть дотичні напруги τ , що врівноважують прикладену навантаження, тобто $\tau = P/F$.

Під дією напруги матеріал деформується, і верхня пластина отримує зміщення X , яке реєструється індикатором годинникового типу.

Деформація зсуву визначається ставленням зміщення до зазору:

$$\gamma = X/H$$

Спостерігаючи за розвитком деформації в часі, отримуємо криві повзучості досліджуваного матеріалу.

Для проведення досліджень може бути використано пристрій у вигляді рифленої пластини, яку розташовують у посудину з паралельними стінками.

До пластини прикладається навантаження, витягаючи її з матеріалу, що досліджують (прилад Вейлера-Рєбіндера). При цьому в шарі маси, що знаходиться між пластиною і стінками судини, виникають напруги зсуву.

2. Схема лабораторної установки. Опис експериментальної установки приладу Толстого

На рис. 3 показана кінематична схема приладу Толстого, призначеного для вивчення повзучості при зсуві. Прилад складається з двох рифлених пластин нижньої та верхньої відповідно (1, 2), між якими поміщається досліджувана маса.

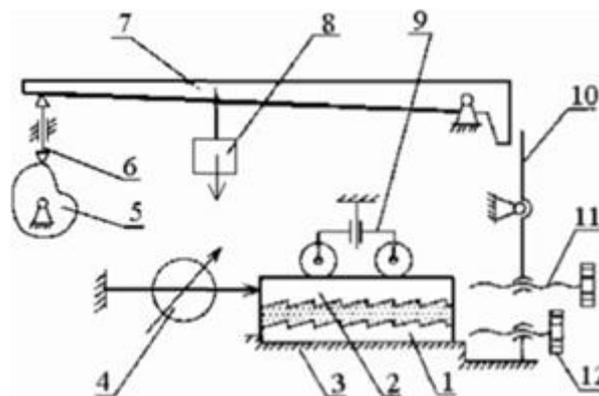


Рисунок 3 – Кінематична схема приладу Д.М. Толстого:

1 – нижня пластина; 2 – верхня пластини; 3 – гніздо; 4 – індикатор годинникового типу; 5 – кулачок; 6 – упор; 7 – важелі; 8 – вантаж; 9 – обмежувач; 10 – проміжний важель; 11 – гвинт; 12 – гвинт;

Пристрій складається з важелів (7, 10); вантажу (8), обмежувача (9) і індикатора годинникового типу (4).

Для закріплення нижньої пластини (1) в гнізді (3) служить гвинт (12). Обмежувач (9) необхідний для забезпечення суворо горизонтального переміщення верхньої пластини (2) в процесі випробувань; кулачок (5) і упор (6) призначені для безударного прикладання навантаження до верхньої пластини (2).

Для ліквідації люфтів в важільному механізмі служить гвинт (11) проміжного важеля (10).

3. Опис експериментальної установки приладу Вейлера-Ребіндера

На рис. 4 показана схема приладу Вейлера-Ребіндера.

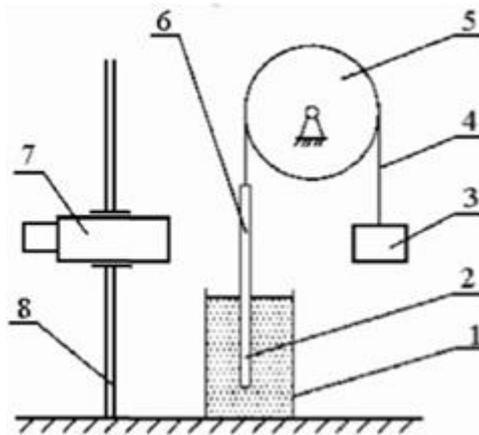


Рисунок 4 – Кінематична схема приладу Вейлера-Ребіндера:

1 – посудина з паралельними стінками; 2 – рифлена пластина з хвостовиком; 3 – вантаж, 4 – нитка, 5 – блок; 7 – вимірювальний мікроскоп; 8 – штатив

Прилад складається з посудини з паралельними стінками (1), рифленої пластини (2) з хвостовиком, навантажуючого пристрою, що представляє собою вантаж (3), підвішений на нитці (4), перекинутої через блок (5), вимірювального мікроскопа (7), укріпленого на штативі (8).

Для вимірювання переміщень на хвостовику пластини нанесені риси, які знаходяться в полі зору вимірювального мікроскопа. Ціна ділення шкали мікроскопа – 0,1 мм.

4. Обробка результатів

Зробити **висновок до лабораторної роботи** щодо механічної моделі і кривої повзучості харчового матеріалу та вказати особливості роботи на приладі Д.М. Толстого та приладі Вейлера-Ребіндера.