



Найда А. М.

Найда А. М.,
директор, ТзОВ «Калуський трубний завод», м. Калуш, Україна

ПОРІВНЯЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТРУБ З НЕПЛАСТИФІКОВАНОГО ПОЛІВІНІЛХЛОРИДУ (НПВХ) І ОРІЄНТОВАНОГО ПОЛІВІНІЛХЛОРИДУ (ПВХ-О)

В межах статті подані результати проведених випробовувань фізико-механічних властивостей труб з ПВХ і ПВХ-О, а саме на опір падаючого вантажу, межу текучості, відносне видовження, зміни довжини труб при нагріві, температури розм'якшення по Віка, стійкість до дихлоретану, стійкість до постійного внутрішнього тиску. Визначення параметрів відбувалось з допомогою такого обладнання як тестер удару Gotech GT-7037-DA; розривна машина GT-AI7000-M, прилад Віка, лабораторна термокамера, гідравлічний стенд, згідно ДСТУ Б.В.2.7-147:2007 «Будівельні матеріали. Труби із неластифікованого полівінілхлориду та фасонні вироби до них для холодного водопостачання. Технічні умови». Показані переваги труб з ПВХ-О над трубами з ПВХ.

Вступ.

Труби з неластифікованого полівінілхлориду (НПВХ) в водопостачанні і каналізації прийшли на заміну труб з чавуну, бетону, залізобетону, поліолефінів. Вони є найкращим шляхом вирішення проблем зменшення витрат у прокладанні мереж. Труби з орієнтованого ПВХ (ПВХ-О) становляться ефективним конкурентом труб з НПВХ.

Завдяки процесу молекулярної орієнтації НПВХ ці труби виділяються значною кількістю виняткових особливостей серед інших труб, призначених для цієї області застосування. Неластифікований полівінілхлорид за своєю природою – аморфний полімер, молекули якого розташовані безладно. Але за певних умов (тиску, температурі і швидкості) при витяжці матеріалу можлива орієнтація молекул у напрямку витяжки.

Постановка проблеми і актуальність теми дослідження.

В даний час виготовляються труби згаданих двох типів. Але для виробників недостатньо інформації з порівняння фізико-механічних характеристик і властивостей напірних труб та вихідних матеріалів, з яких труби виготовляються. Такими є: опір падаючого вантажу, межа текучості, відносне видовження, зміна довжини труб при нагріві, температура розм'якшення по Віка, стійкість до дихлоретану, стійкість до постійного внутрішнього тиску.

Результати досліджень та їх аналіз дозволять при проектуванні виробництв оптимально зробити вибір тип труб з НПВХ або труб з ПВХ-О.

Стан дослідженості проблематики у науковій літературі.

Методи визначення характеристик і властивостей труб з полівінілхлориду, котрі перераховані раніше, викладені в держстандартах [1-4]. Теоретичні основи з залежностей властивостей і характеристик від вимог до виробів з полівінілхлориду, умов переробки розглянуто в наукових працях Тугова І.І., Костиркіної Г.І. [5], Гузеева В.В. [6], Мінскера К.С., Заикова Г.Є. [7], Уїлки Ч [8], Володіна В.П. [9] Уилоубі [10] були використані при проведенні досліджень.

Мета статті.

Метою статті є порівняння характеристик труб з ПВХ-О і ПВХ, такі як опір падаючого вантажу, межа текучості, відносне видовження, зміна довжини труб при нагріві, температура розм'якшення по Віка, стійкість до дихлоретану, стійкість до постійного внутрішнього тиску, що дозволять при проектуванні виробництв оптимально зробити вибір тип труб з НПВХ або труб з ПВХ-О.

Виклад основного матеріалу.

Для проведення експериментальних досліджень брали трубу з НПВХ (зовнішній діаметр $d_e = 90$ мм і товщина стінки $e = 3,5$ мм) і ПВХ-О ($d_e = 110$ мм і $e = 2$ мм), яка була зроблена орієнтацією з труби НПВХ ($d_e = 90$ мм і $e = 3,5$ мм).

Визначення опору удару падаючого вантажу.

Випробування проводились на 10-ти відрізках довжиною (200 ± 2) мм одного типорозміру для кожної серії ударів: 25, 32, 39, 48, 52, 56, 64, 66, 72, 80. Зразки перед ударом кондиціонували при температурі $(0 \pm 1)^\circ\text{C}$ протягом 1 години. Вимірювання опору удару за методом падаючого вантажу проводили протягом 5 хв після закінчення кондиціонування. Зразки труб розташовували та фіксували на горизонтальній установочній плиті за допомогою затискачів на V – подібних призмах з кутом при вершині $(120 \pm 2)^\circ$. Місця нанесення ударів відмічали на гладких циліндричних частинах зразків лініями на рівній відстані по довжині кола. Кількість ліній відповідала кількості ударів, нанесених одному зразку. Точка нанесення удару була рівновіддалена від торців циліндричної частини випробувального зразка.

Наконечник вантажу, що входить у зіткнення зі зразком, був півсферою з радіусом 90 мм для випробувань труб, яка виконана зі сталі з твердістю не менше HRC 20. Висота падіння вантажу до точки контакту наконечника з поверхнею зразка була 1600 мм. Маса падаючого вантажу складала 0,5 кг.

Якщо зразок витримував удар, його провертали у V-образній призмі до наступної позначеної лінії і знову піддавали його удару падаючим вантажом, за потреби після повторного кондиціонування. Після чого випробуванням піддавали наступний зразок. Ця процедура тривала, доти, поки по всіх позначених лініях не було нанесено по одному удару, після цього занесли до протоколу загальну кількість ударів і поломок.

Вважалось що зразок не пройшов випробування, якщо він розбився, тріснув або відколосвся по зовнішній поверхні труби, або фасонного виробу, якщо це було викликано ударом і ушкодження можна побачити без збільшення. Заглиблення й вм'ятини поверхні зразка не вважаються свідченнями того, що зразок не пройшов випробування. Після визначення факту поломки зразка, удари по лініях на його поверхні припиняли, а зразок замінювали на інший.

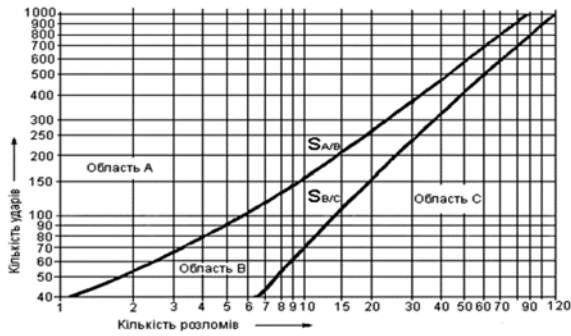


Рис. 1. Кількість зразків для 10% TIR (при 90% рівні точності)

Отже, аналізуючи дані випробовувань, можна відмітити, що в зону А (згідно рис.1) повністю попала труба з ПВХ-О до 80 ударів, в той час як труба з НПВХ в зону А попала лише при 25 ударах, що свідчить про набагато більший опір удару падаючого вантажу. Схематично графік опору удару падаючого вантажу зображений на рис. 2.



Рис.2. Графік руйнувань труб з НПВХ і труб з ПВХ-О в аналізі на опір удару падаючого вантажу

Визначення відносного подовження труб при розриві і межі текучості при розтягу

При випробовуваннях використовували розривну машину GT-AI7000-M. Відносне подовження труб при розриві та межа текучості при розтягу визначали згідно з ГОСТ 11262 між затискачами розривної машини при швидкості руху затискачів розривної машини 25 ± 1 мм/хв на випробувальних зразках, що вирізались з гладкої частини зразків труб у поздовжньому напрямку (10 зразків труб з орієнтацією, 10 зразок труби без орієнтації). Результати випробовування наведені на графіку рис. 3.



Рис. 3. Графік відносного подовження труб при розриві і межі текучості при розтягу труб з НПВХ і труб з ПВХ-О

З графіка на рис.3 видно, що межа текучості при розтязі труби з ПВХ-О більша за межу текучості при розтязі труби з НПВХ на 81%, а відносне видовження менше на 30-35%.

Визначення зміни довжини труб після прогрівання

Випробування проводили на шістьох зразках кожного типу труби довжиною (200 ± 10) мм, що вирізались з гладкої частини зразків труб відібраних у поздовжньому напрямку. На зовнішню поверхню кожного зразка наносили три лінії паралельно осі труб на рівній відстані одна від одної. На кожній лінії робили дві відмітки по периметру на відстані (50 ± 5) мм від торців зразків. Відстань між відмітками (L0) становила не менше 100 мм при температурі $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ і вимірювалась з похибкою не більше 0,25 мм.

Після кондиціонування при температурі $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ протягом не менше 2 годин зразки розташовували в сушильній шафі на скляній підкладці, посипану тальком, і витримувались при температурі 150°C на протязі 20 хв. Результати випробовування наведені на графіку рис.4.

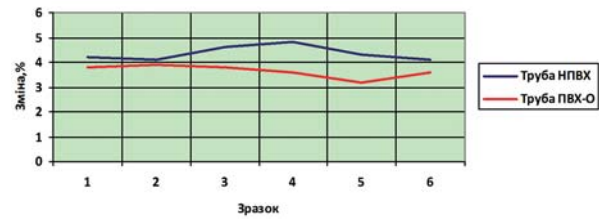


Рис. 4. Графік зміни довжини труб з НПВХ і труб з ПВХ-О (150°C на протязі 20 хв)

З графіку на рис.4 видно, що відмінність значень зміни довжин труб з НПВХ і ПВХ-О після прогрівання при температурі 150°C на протязі 20 хв незначна, зміна довжини при нагріві труби НПВХ в середньому на 10-15% більше за зміну довжини при нагріві труби з ПВХ-О.

Визначення температури розм'якшення за Віка

Визначення температури розм'якшення за Віка проводили на шести зразках кожного типу труби у вигляді прямокутних сегментів довжиною (50 ± 5) мм, шириною (15 ± 5) мм і товщиною, рівною товщині стінки гладкої частини труби. Для випробовування використовувався прилад визначення теплостійкості за Віка. Принцип його дії полягав в тому, що циліндрична сталева голка перерізом 1 мм^2 навантажувалась вантажем 5 кг і встановлювалась вертикально до горизонтально розміщеного взірця. Температуру підімали на 50°C . В якості градуса за Віка визначалась та температура, при якій голка занурилась всередину на 1 мм. Результати випробовування наведені на графіку рис. 5.

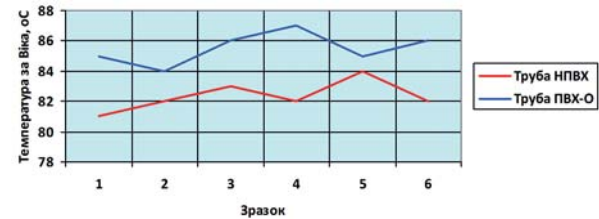


Рис. 5. Графік визначення температури розм'якшення за Віка труб з НПВХ і труб з ПВХ-О

З графіку на рис.5 видно, що відмінність значень температури розм'якшення за Віка труб з НПВХ і ПВХ-О незначна, значення температури розм'якшення за Віка труби НПВХ в середньому на 5% менше за значення температури розм'якшення за Віка труби з ПВХ-О.

Визначення стійкості до дії дихлоретану

Визначення зміни стійкості до дії дихлоретану проводили на шести зразках кожного типу труби у вигляді прямокутних сегментів довжиною (50 ± 5) мм, шириною (15 ± 5) мм і товщиною, рівною товщині стінки гладкої частини труби. Зразки розміщували всередині лабораторної колби з круглим плоским дном і широким горлом за ємністю 500 мл і повністю занурювали у розчин дихлоретану технічного згідно з ГОСТ 1942. Колбу зі зразками розміщували в лабораторній шафі з примусовою вентиляцією і витримували при температурі $(15 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ на протязі 30 хв.

Після чого зразки виймали з колби і висувували в лабораторній шафі з примусовою вентиляцією при температурі $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ протягом (30 ± 5) хв.

Зовнішній вигляд поверхні зразків оцінювали візуально без застосування збільшувальних приладів. Зразки всі витримали випробування, жоден з зразків не мав змін зовнішнього вигляду та тріщин глибиною більше ніж 20% від товщини стінки.

В результаті визначено, що як труби з НПВХ, так і з ПВХ-О стійки до дії дихлоретану витримували при температурі $(15 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ на протязі 30 хв.

Визначення стійкості при постійному внутрішньому тиску

Стійкість при постійному внутрішньому тиску труб проводили на зразках труб кожного типорозміру з будівельною довжиною $l \leq 500$ мм. Випробувальні зразки вирізаються довжиною L не менше 500 мм з гладкої частини відібраних зразків труб.

Випробування проводили згідно з наступними умовами, вказаними в таблицях 3 і 4 на 3-х зразках.

Напруження в стінці труби при випробуванні труби з ПВХ-О підбирали таким, щоб були однакові умови випробування з трубою з НПВХ, а саме був однаковим внутрішній тиск з врахуванням того, що труба з НПВХ $90^*3,5$ була розрахована для PN10, тобто номінальним тиском 1 МПа.

Тиск у зразку підтримували з похибкою не більше 2% на гідростенді.

Результати випробувань були позитивними. Жоден зразок не зруйнувався до закінчення контрольного терміну випробування. Тоді вирішили провести випробування при умовах номінального тиску 1,6 МПа.

Випробування проводили згідно з наступними умовами, вказаними в таблицях 3 і 4 на 3-х зразках.

Результати випробувань були позитивними для труби з ПВХ-О 110^*2 мм, а саме жоден зразок не зруйнувався до закінчення контрольного терміну випробування.

Результати випробувань були негативними для труби з НПВХ $90^*3,5$ мм, а саме всі зразки зруйнувалися до закінчення контрольного терміну випробування.

Отже, можна зробити висновок, що труба з ПВХ-О позитивно проходить випробування на стійкість до постійного внутрішнього тиску при однакових умовах експлуатації з трубою з НПВХ (на які розрахована труба), а також позитивно проходить випробування на стійкість до постійного внутрішнього тиску при ускладнених умовах експлуатації з трубою з НПВХ, а саме збільшеному номінальному тиску, в той час як труба з НПВХ має негативні результати випробування.

Таблиця 1.

Умови випробування внутрішнім тиском для труб для труби з НПВХ $90^*3,5$ мм при умовах експлуатації труби PN=1Мпа.

Параметри випробування	Внутрішній тиск			
	Температура $^\circ\text{C}$	Напруження в стінці труби, МПа	Час, год.	Тип випробування
20	42,0	1	Вода в воді	3,41
20	35,0	100		2,84
60	12,5	1000		1,02

Таблиця 2.

Умови випробування внутрішнім тиском для труби з ПВХ-О 110^*2 мм при умовах експлуатації труби PN=1МПа

Параметри випробування	Внутрішній тиск			
	Температура $^\circ\text{C}$	МПа	Час, год.	Тип випробування
20	92	1	Вода в воді	3,41
20	77	100		2,84
60	27	1000		1,02

Таблиця 3.

Умови випробування внутрішнім тиском для труб для труби з НПВХ $90^*3,5$ мм при умовах експлуатації труби PN=1,6 МПа

Параметри випробування	Внутрішній тиск		
	Напруження в стінці труби, МПа	Час, год.	Тип випробування
67,0	1	Вода в воді	5,45
56,0	100		4,54
20,0	1000		1,63

Таблиця 4.

Умови випробування внутрішнім тиском для труби з ПВХ-О 110^*2 мм при умовах експлуатації труби PN=1,6 МПа

Параметри випробування	Внутрішній тиск			
	Температура $^\circ\text{C}$	МПа	Час, год.	Тип випробування
20	147	1	Вода в воді	5,45
20	123	100		4,54
60	44	1000		1,63

РЕЗЮМЕ

1. Короткий опис постановки питання

В даний час дуже мало інформації про порівняння фізико-механічних характеристик труб з ПВХ і ПВХ-О і необхідно створити спеціальні стенди для проведення випробовувань даних труб.

2. Мета дослідження

Метою дослідження є порівняння характеристик труб з ПВХ-О і ПВХ, такі як опір падаючого вантажу, межа текучості, відносне видовження, зміна довжини труб при нагріві, температура розм'якшення по Віка, стійкість до дихлоретану, стійкість до постійного внутрішнього тиску.

3. Прилади, матеріали та методики дослідження.

Випробовування на визначення характеристик труб з ПВХ-О і ПВХ, таких як опір падаючого вантажу, межа текучості, відносне видовження, зміна довжини труб при нагріві, температура розм'якшення по Віка, стійкість до дихлоретану, стійкість до постійного внутрішнього тиску, проводили відповідно до методик ДСТУ Б.В.2.7-147:2007 «Будівельні матеріали. Труби із непластифікованого полівінілхлориду та фасонні вироби до них для холодного водопостачання. Технічні умови» з допомогою наступного обладнання: тестер удару Gotech GT-7037-DA; розривна машина GT-AI7000-M, прилад Віка, лабораторна термокамера, гідравлічний стенд.

4. Результати досліджень. Висновки.

Проведені дослідження труб з НПВХ і ПВХ-О показали перспективність розвитку напрямку виробництва труб з

ПВХ-О через їх кращі фізико-механічні характеристики. Проведені дослідження показали наступні переваги:

1. Опір удару падаючого вантажу труб з ПВХ-О набагато більший опору удару падаючого вантажу труб з НПВХ. В зону А-Випробовування витримано повністю попала труба з ПВХ-О до 80 ударів, в той час як труба з НПВХ в зону А попала лише при 25 ударах.

2. Межа текучості при розтязі труби з ПВХ-О більша за межу текучості при розтязі труби з НПВХ на 81%, а відносне видовження менше на 30-35%.

3. Відмінність значень зміни довжин труб з НПВХ і ПВХ-О після прогрівання при температурі 150 оС на протязі 20 хв незначна, зміна довжини при нагріві труби з НПВХ в середньому на 10-15% більше за зміну довжини при нагріві труби з ПВХ-О.

4. Відмінність значень температури розм'якшення за Віка труб з НПВХ і ПВХ-О незначна, значення температури розм'якшення за Віка труби НПВХ в середньому на 5% менше за значення температури розм'якшення за Віка труби з ПВХ-О.

5. Як труби з НПВХ, так і з ПВХ-О стійкі до дії дихлоретану при витримували при температурі $(15 \pm 0,5)$ °С на протязі 30 хв.

6. Труба з ПВХ-О позитивно проходить випробовування на стійкість до постійного внутрішнього тиску при однакових умовах експлуатації з трубою з НПВХ (на які розрахована труба), а також позитивно проходить випробовування на стійкість до постійного внутрішнього тиску при ускладнених умовах експлуатації з трубою з НПВХ, а саме збільшеному номінальному тиску, в той час як труба з НПВХ має негативні результати випробовування.

Висновки.

Проведені дослідження труб з НПВХ і ПВХ-О показали перспективність розвитку напрямку виробництва труб з ПВХ-О через їх кращі фізико-механічні характеристики. Проведені дослідження показали наступні переваги:

1. Опір удару падаючого вантажу труб з ПВХ-О набагато більший опору удару падаючого вантажу труб з НПВХ. В зону А-Випробовування витримано повністю попала труба з ПВХ-О до 80 ударів, в той час як труба з НПВХ в зону А попала лише при 25 ударах.

2. Межа текучості при розтязі труби з ПВХ-О більша за межу текучості при розтязі труби з НПВХ на 81%, а відносне видовження менше на 30-35%.

3. Відмінність значень зміни довжин труб з НПВХ і ПВХ-О після прогрівання при температурі 150 оС на протязі 20 хв незначна, зміна довжини при нагріві труби з НПВХ в середньому на 10-15% більше за зміну довжини при нагріві труби з ПВХ-О.

4. Відмінність значень температури розм'якшення за Віка труб з НПВХ і ПВХ-О незначна, значення температури розм'якшення за Віка труби НПВХ в середньому на 5% менше за значення температури розм'якшення за Віка труби з ПВХ-О.

5. Як труби з НПВХ, так і з ПВХ-О стійкі до дії дихлоретану при витримували при температурі $(15 \pm 0,5)$ °С на протязі 30 хв.

6. Труба з ПВХ-О позитивно проходить випробовування на стійкість до постійного внутрішнього тиску при однакових умовах експлуатації з трубою з НПВХ (на які розрахована труба), а також позитивно проходить випробовування на стійкість до постійного внутрішнього тиску при ускладнених умовах експлуатації з трубою з НПВХ, а саме збільшеному номінальному тиску, в той час як труба з НПВХ має негативні результати випробовування.

Література:

1. Труби з непластифікованого полівінілхлориду та фасонні вироби до них для холодного водопостачання. Технічні умови: ДСТУ Б.В.2.7-147:2007 – К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва, 2007.– 88 с. – (Національний стандарт України).
2. Thermoplastics pipes – Determination of ring stiffness ISO 9969:1994 (Труби з термопластів. Визначення кільцевої жорсткості)
3. Thermoplastics pipes. Test method for resistance to external blows by the round-the-clock method. EN 744: 1995. (Труби з термопластів. Метод тестування на стійкість до дії зовнішніх ударів рівномірно розподілених по периметру)
4. Plastics piping systems for water supply— Unplasticized poly(vinyl chloride) (PVC-U) — Part 1: General

EN 1452 -1. (Системи пластмасових трубопроводів для водопостачання – не пластифікований полівінілхлорид (НПВХ) – Частина 1. Загальна.

5. Тугов И.И., Костыркина Г.И. Химия и физика полимеров. М.: Химия, 1989.- 432 с.

6. Гузев В.В. Исследование и разработка композиционных материалов на основе поливинилхлорида. Диссертация д.т.н. /В.В. Гузев. – М.: 1979.

7. Минскер К.С., Заиков Г.Е. Достижения и задачи исследований в области старения и стабилизации ПВХ //Пластические массы. – 2001. – №4. – С. 27-35.

9. Володин В.П. Экструзия пластиковых труб и профилей / В.П. Володин – СПб.: Профессия, 2010. 240 с.

10. Уилоуби Д. Полимерные трубы и трубопроводы / Давид Уилоуби. – СПб.: Профессия, 2010. – 485 с.