

Стосовно однорідного ізотропного пласта ($k_r = k = 1$), як це і припускав у своїй роботі В.П. Пилатовський, зроблено висновок, що (7) порівняно з (9) дає розбіжність величини дебіту від -3% до $+8\%$, при зростанні довжини горизонтальної свердловини від 50 до 200 м; $R_k = 750$ м; $h = 20$ м; $r_c = 0,1$ м; $\delta = h / 2$.

Числовий аналіз показав, що зі збільшенням коефіцієнта анізотропії проникності k у вертикальній площині, коли коефіцієнт анізотропії проникності у горизонтальній площині $k_r = 1$, дебіти горизонтальної свердловини, розраховані за формулами (9) і (13), зменшуються (в 1,6 рази за $k = 10$), а формула (9) дає завищення результату порівняно з формулою (13) до 8%, коли k зростає від 1,0 до 10 (решта даних аналогічні).

Таким чином, отримана формула дебіту є достатньо точною і простою для практичних розрахунків, враховує гідродинамічну недосконалість свердловини, а з неї, як частинні випадки після істотних спрощень, впливає низка відомих формул.

Література

1 Бойко Р.В. Принципи і критерії вибору об'єктів горизонтального буріння свердловин // Нафтова газова пром-сть. – 2000. – №6. – С. 30-33.

2 Практика буріння і експлуатації свердловин з горизонтальними стовбурами / К.О. Оганов, Я.В. Кунцяк, Я.С. Гаврилов, І.І. Наритник. – Київ: Наукова думка, 2002. – 200 с.

3 Алиев З.С., Бондаренко В.В. Технология применения горизонтальных скважин. – М.: Изд. „Нефть и газ” РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2006. – 712 с.

4 Бойко Р.В. Регулювання розробки нафтових родовищ застосуванням горизонтальних свердловин: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – УкрНГП. – К., 1996. – 18 с.

5 Борисов Ю.П., Пилатовський В.П., Табаков В.П. Разработка нефтяных месторождений горизонтальными и многозабойными скважинами. – М.: Недра, 1964. – 154 с.

6 Joshi S. Horizontal well Technology. – Oklahoma, 1991. – 178 с.

7 Бойко В.С., Бойко Р.В. Підземна гідрогазомеханіка: Підручник. – Львів: Априорі, 2005. – 452 с.

8 Григулецький В.Г. Основные допущения и точность формул для расчета дебита горизонтальных скважин // Нефтяное хозяйство. – 1992. – №12. – С. 5-6.

УДК 656.56:629.017

В'ЯЗКІ ВЛАСТИВОСТІ ТРУБНОЇ СТАЛІ 17Г1С З ДОБАВКАМИ РІДКІСНОЗЕМЕЛЬНИХ МЕТАЛІВ

Д.Ю.Петрина, Д.С.Вуйцик

ІФНТУНГ, 76019, Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 43024, 42342
e-mail: public@nung.edu.ua

Изучено влияние добавок редкоземельных металлов (РЗМ) на комплекс вязких свойств трубной стали 17Г1С. Установлено, что увеличение деформационной способности в результате обработки РЗМ реализуется лишь при испытании ударных образцов с круглым надрезом и не сказывается на свойствах стали при наличии острого концентратора.

The influence of rare-earth materials (REM) on the complex of toughness properties of pipe steel 17Г1С is studied. It is stated that increasing of deforming ability in the result of treatment of REM is realized only at treatment of percussive samples with round notch and it doesn't influence the steel properties at presence of sharp concentrator.

Практика експлуатації магістральних трубопроводів показує, що термін їхньої роботи залежить від корозійної стійкості та в'язкості руйнування трубних сталей. Останнім часом з'явилася низка робіт [1-3], які свідчать, що підвищити корозійні властивості трубопроводів можна шляхом мікролегування сталей рідкісноземельними металами (РЗМ). Узагальнюючи ці дослідження[4], був науково обґрунтований оптимальний вміст модифікаторів для трубної сталі 17Г1С (%): церій (Ce) 0,01...0,03; ітрій (Y) 0,01...0,025; барій (Ba) 0,007...0,015; кальцій (Ca)

0,001...0,0025; цирконій (Zr) 0,02...0,04. З'явилися перші дані, що обробка сталі РЗМ сприяє покращенню механічних і в'язко-пластичних властивостей сталей [5].

Однак такі дослідження знаходяться в зародковому стані. Тому наша робота присвячена впливу добавок РЗМ на комплекс в'язких властивостей трубної сталі 17Г1С.

Легування металу здійснювали двома складами мікродомішок, які наведені в таблиці 1.

Перший склад мікродомішок відповідає запропонованому в роботі 4 оптимальному

Таблиця 1 – Склади мікродомішок для легування сталі 17Г1С

№ з/п	Ce	Y	Ba	Ca	Zr
1	0,013	0,017	0,0011	0,0012	0,0027
2	0,033	0,032	0,025	0,0027	0,052

Таблиця 2 – Хімічний склад сталей, оброблених РЗМ

Спосіб виплавки сталей	Плавка	Вміст елементів, %					
		C	Si	Mn	Cr	S	P
З добавкою РЗМ складу 1	А	0,17	0,43	1,23	0,13	0,019	0,021
Звичайний	Б	0,17	0,41	1,17	0,11	0,028	0,029
З добавкою РЗМ складу 2	В	0,17	0,55	1,33	0,10	0,042	0,017
Звичайний	Г	0,17	0,52	1,28	0,07	0,076	0,030

Таблиця 3 – Механічні властивості сталей, оброблених РЗМ

Спосіб виплавки сталей	Плавка	σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ	ψ
		МПа		%	
З добавкою РЗМ складу 1	А	545	433	27	65
Звичайний	Б	534	427	26	61
З добавкою РЗМ складу 2	В	578	495	28	67
Звичайний	Г	557	476	26	60

вмісту модифікаторів для трубної сталі 17Г1С. В другому складі вміст модифікаторів був приблизно удвічі вищим.

Проводили дві виплавки сталі: спочатку А і Б, а потім В і Г (див. табл. 2).

Кожну виплавку сталі 17Г1С розливали в дві ємності. В одну з ємностей вводили добавки РЗМ, іншу залишали без добавки. Після цього хімічний склад сталей був таким, як представлено в табл. 2.

Для побудови серіальних кривих холодноламкості використовували результати ударних випробувань, які проводили на маятниковому копрі МК-30 на стандартних зразках Менаже та зразках з наперед створеними втомними тріщинами за методикою Б.А. Дроздовського [6].

Механічні властивості гладких зразків (σ_B , $\sigma_{0,2}$, δ , ψ) визначали при розтягу. Короточасні статичні випробування на розтяг проводили на стандартній універсальній машині УМ-5А за швидкості деформації 0,6 мм/хв. Отримані характеристики міцності та пластичності наведено в табл. 3.

Після обробки РЗМ спостерігається слабко виражена тенденція до підвищення характеристик міцності та видовження. Відносне звуження зростає більш помітно. Останній чинник вказує на покращення здатності до місцевої пластичної деформації.

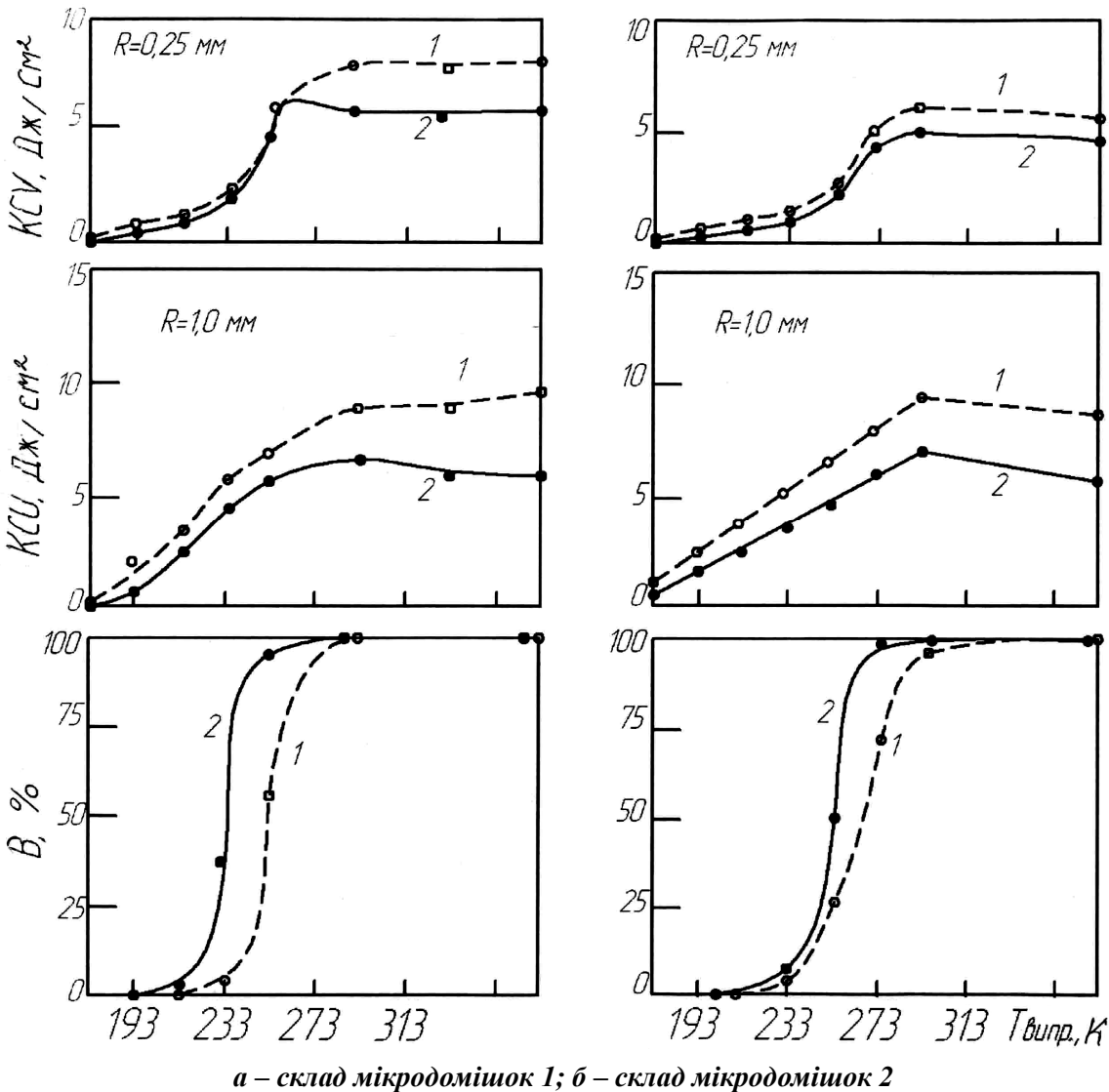
На рис. 1 наведено серіальні криві залежності ударної в'язкості КСЧ і КСВ від температури випробувань. У вивченому діапазоні температур КСЧ зразків з надрізами R=1,0 мм для дослідної сталі вища, ніж для звичайної. Відповідно поріг холодноламкості зсунутий

у бік більш низьких температур для сталі з добавками РЗМ.

Для зразків з гострим надрізом різниця у величині ударної в'язкості менша (для варіантів А і Б при від'ємних температурах вона практично відсутня). Отже, збільшення деформаційної здатності в результаті обробки РЗМ реалізується тільки при випробуваннях ударних зразків з круглим надрізом і не виявляється на властивостях сталі за наявності гострого концентратора.

На рис. 1 (нижній ряд) представлено криві зміни в'язкої складової в зломах В залежно від температури. Для звичайної сталі крива переходу від в'язкого злому до крихкого дещо зміщена в область понижених температур порівняно з дослідною сталлю. Відповідні критичні температури холодноламкості для плавки Б і Г на 10...15 градусів нижчі. Це означає, що окрихчення дослідної сталі настає раніше, ніж звичайної, хоча результати визначення ударної в'язкості свідчать про протилежний ефект.

Наведені вище дані підтвердили результати електроннофрактографічного аналізу. Розглядали зломи на трьох температурних ділянках руйнування: крихкі, нижче нижнього порогу холодноламкості T_K^H , в'язкі, вище верхнього порогу холодноламкості T_B^B , а також в проміжному інтервалі $T_K^H < T < T_B^B$. При температурах $T > T_B^B$ зломи мають мікров'язкий характер, оскільки в них спостерігаються тільки димпли та гладкі ділянки в'язкого розшарування. При $T < T_K^H$ у зломах мають місце тільки крихкі мікроутворення (відкольні фасетки, які залежно від режиму термообробки та хімічного складу сталей можуть мати інтеркристалітний або



а – склад мікродомішок 1; б – склад мікродомішок 2

Рисунок 1 – Вплив температури випробувань на ударну в'язкість КСУ (KCV) і кількість в'язкої складової В в зламах сталі 17Г1С, оброблених (1) і необроблених (2) РЗМ

транскристалітний характер). В діапазоні перехідних температур $T_K^H < T < T_B^B$ вказані ділянки злому мають змішаний характер: тут спостерігаються як крихкі, так і в'язкі мікроутворення.

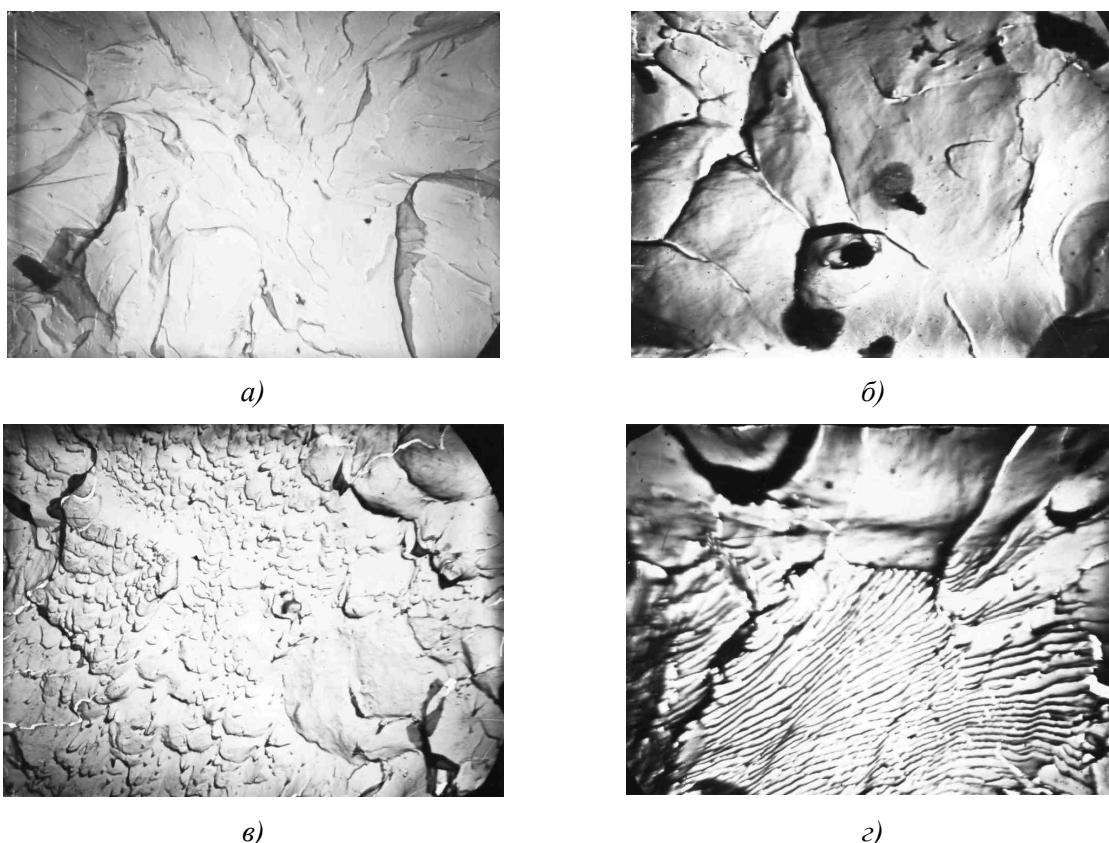
Електроннофрактографічний аналіз засвідчив, що у випадку допорогового крихкого руйнування сталі 17Г1С в зломі переважають типові відкольні фасетки (рис. 2, а). При цьому, як правило, спостерігається розмірна відповідність фасеток відколу з величиною феритних зерен, через які йде поширення тріщини. На відміну від феритних зерен, поширення крихкого руйнування в перліті затруднене через наявність регулярно розміщених перепон у вигляді пластин цементиту, що чергуються.

В'язке руйнування сталей супроводжується утворенням на поверхні злому чітко виражених димплів (рис. 2, б, в, г). Утворення димплів великих розмірів (рис. 2, б) пов'язане з коалесценцією мікропустот на ділянках, які переважають в структурі феритних зерен. Поширення в'язкої тріщини через перліт супроводжується утворенням роздріблених димплів (рис. 2, в), а

у ряді випадків також великих димплів з характерною інфраструктурою, яка повторює структуру (пластин фериту та цементиту), що почергово змінюється в перліті (рис. 2, г).

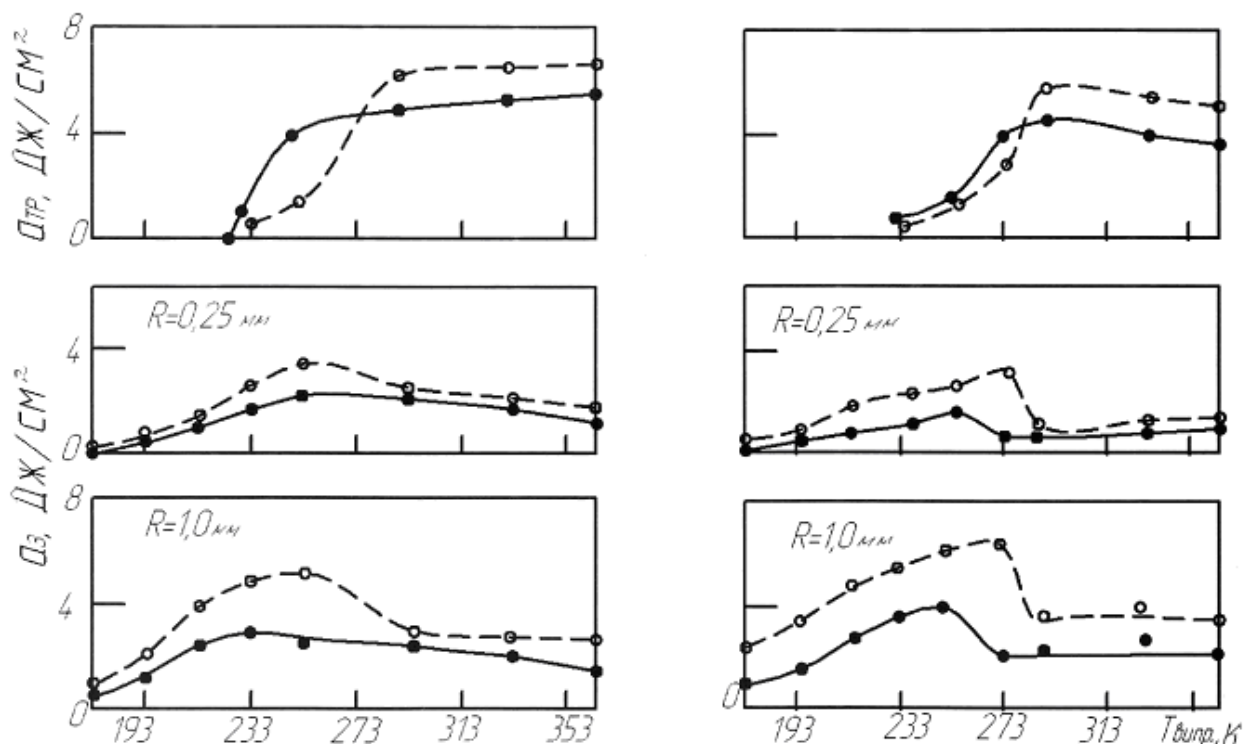
На рис 3 представлено результати розділення ударної в'язкості на складові. При всіх розглянутих температурах значення a_3 для сталі з РЗМ більші, ніж для сталі звичайної виплавки. Величини a_{tr} в області температур, які відповідають в'язкому злому, вищі для дослідної сталі. При пониженні температури взаємне розміщення кривих $a_{tr} = f(T)$ змінюється, що пов'язано з більш ранньою появою кристалічних ділянок в зломі дослідної сталі (рис 1, нижній ряд кривих). Проте виявлене зменшення a_{tr} перекривається ростом a_3 , в результаті чого значення ударної в'язкості сталі з добавками РЗМ є більш високими при усіх температурах випробувань.

Відзначимо, що рівень зміни властивостей при введенні добавок РЗМ складу 1 і складу 2 приблизно однаковий (рис.1 і 3).



а – $T_{\text{випр}} = 73 \text{ K}$; б, в, г – $T_{\text{випр}} = 333 \text{ K} \times 4700$

Рисунок 2 – Електронні фрактограми зломів ударних зразків зі сталі 17Г1С



а – добавки РЗМ складу 1; б – добавки РЗМ складу 2 (верхній ряд – $a_{\text{тр}}$; нижні два ряди – a_3)

Рисунок 3 – Серіальні криві роботи зародження a_3 і поширення $a_{\text{тр}}$ тріщини в сталях 17Г1С, оброблених (штрихові) і необроблених (суцільні) РЗМ

Збільшення a_3 після обробки РЗМ пов'язане з деяким зменшенням вмісту неметалевих включень, а також зміною їх дисперсності та форми. В процесі в'язкого розвитку тріщини зменшення кількості включень полегшує пластичну деформацію і, відповідно, збільшує $a_{тр}$.

В інтервалі температур переходу до крихкого руйнування різниця в кількості включень практично перестає впливати на ступінь розвитку пластичної деформації в зломі і, таким чином, не відображається на величині $a_{тр}$. Деяке пониження $a_{тр}$ при цих температурах пов'язане з тим, що при зниженні концентрації неметалевих включень в результаті обробки РЗМ зменшується кількість ефективних перешкод на шляху тріщини, що розвивається. В цьому разі можна говорити про деяку позитивну роль включень в процесі такого розвитку тріщини, коли пластична деформація біля вершини тріщини мала.

Висновки

1. Збільшення деформаційної здатності в результаті обробки РЗМ реалізується тільки при випробуваннях ударних зразків з круглим надрізом і не виявляється на властивостях сталі за наявності гострого концентратора.

2. Для звичайної сталі крихко-в'язкий перехід дещо зміщений в область понижених температур порівняно з дослідною сталлю.

3. Незважаючи на те, що окрихчення дослідної сталі настає раніше ніж звичайної, результати визначення ударної в'язкості свідчать про протилежний ефект.

4. Значення ударної в'язкості сталі з добавками РЗМ більш високі при усіх температурах випробувань за рахунок зростання a_3 .

5. Збільшення вмісту добавок РЗМ понад оптимальний практично не змінює властивостей трубною сталі 17Г1С.

Для більш повного прогнозування робото-здатності трубною сталі 17Г1С необхідно вивчити вплив напрямку прокатки, рафінування рідкими синтетичними шлаками, структури та технології виплавки на її в'язкі властивості.

Література

1 Макаренко В.Д., Беляев В.А., Галиченко Е.Н. и др. Влияние модифицирующих микродобавок на коррозионную стойкость сварных соединений из низколегированной стали // Сварочное производство. – 2000. – № 9. – С. 3-8.

2 Макаренко В.Д., Беляев В.А., Галиченко Е.Н. и др. Влияние модифицирующих микродобавок на коррозионную стойкость сварных соединений нефтегазопроводов // Сварочное производство. – 2001. – № 4. – С. 13-19.

3 Чернов В.Ю., Шлапак Л.С., Крижанівський Є.І. Вплив мікродомішок-модифікаторів на корозійну стійкість нафтогазопроводів // Матеріали VI Міжнар. конф. "Проблеми корозії та протикорозійного захисту матеріалів" (КОРОЗІЯ – 2002). – Львів, 2002. – С.32.

4 Чернов В.Ю. Науково-прикладні основи забезпечення експлуатаційної надійності промислових трубопроводів при низьких температурах: Автореф. дис...д-ра техн. наук: 05.15.13 / Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу. – Івано-Франківськ, 2003. – 32 с.

5 Макаренко В.Д., Беляев В.А., Галиченко Е.Н. и др. Влияние модифицирующих микродобавок на механические и вязкопластические свойства сварных соединений нефтегазопроводов // Сварочное производство. – 2001. – № 5. – С. 9-14.

6 Дроздовский Б.А., Фридман Я.Б. Влияние трещин на механические свойства конструкционных сталей. – М.: Металлургиздат, 1960. – 236 с.

II Всеукраїнська наукова конференція

НАЦІОНАЛЬНЕ ПІДПРИЄМНИЦТВО: ТЕНДЕНЦІЇ ТА ПЕРСПЕКТИВИ

м. Київ

(17 – 18 листопада 2007 р.)

Оргкомітет конференції

Міжрегіональна академія
управління персоналом,
03039, м. Київ, вул. Фрометівська, 2

kub@bigmir.net

Антонюк Олександр Васильович

Тел.: (044) 524 57 96, 490 95 25

Тематика конференції:

- Державне регулювання розвитку бізнесу в Україні
- Стратегічний менеджмент у системі організації
- Управління виробництвом промислового підприємства
- Управління персоналом на підприємствах та в організаціях
- Управління інноваційними та інвестиційними процесами в бізнесі
- Фінансовий менеджмент
- Управління конкурентоспроможністю та ефективністю функціонування вітчизняних підприємств в умовах глобалізації ринку
- Безпека бізнесу та управління організацією в кризових ситуаціях
- Сучасні тенденції становлення та розвитку підприємництва в Україні та за кордоном