

## ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ЗВАРЮВАННЯ СТАЛІ 30ХГСН2А

Л.М. Лобанов, П.В. Гончаров, В.Д. Позняков, О.А. Гайворонський, А.В. Завдовєєв

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України. 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail: [office@paton.kiev.ua](mailto:office@paton.kiev.ua)

Високоміцні леговані сталі типу 30ХГСН2А широко застосовуються при виготовленні виробів, що сприймають значні навантаження. У термічно зміцненому стані ця сталь має межу міцності більше ніж 1500 МПа. В залежності від виробу вона може використовуватися в товщинах від 2 до 15 мм і більше. Однак використання таких сталей вимагає дотримання жорстких технічних вимог щодо їх термічної обробки, створюючи складності при виготовленні виробів. Розробка технології зварювання при виготовленні виробів зі сталі 30ХГСН2А на даний час є актуальною. В приведеній роботі викладені технологічні особливості зварювання високоміцних легованих сталей типу 30ХГСН2А. Бібліогр. 14, табл. 6, рис. 6.

*Ключові слова:* високоміцні сталі, імпульсно-дугове зварювання, зона термічного впливу, структура, механічні властивості, аустенітні зварювальні матеріали

**Вступ.** Високоміцні леговані сталі типу 30ХГСН2А широко застосовуються в промисловості, зокрема, в авіаційній та ракетобудівній галузях при виготовленні зварних металевих конструкцій, які в процесі експлуатації сприймають значні навантаження [1–5]. Зазначена сталь, як правило, застосовується в термічно зміцненому стані (гартування з 950 °С в масло та низького відпуску при 250..300 °С). В такому стані вона має високу межу міцності, більше ніж 1500 МПа, що ускладнює її механічне оброблення [6–9]. У зв'язку з цим, зазвичай, сталь перед механічним обробленням або штампуванням відпалюють, а після виконання цих технологічних операцій та процедури зварювання вузол чи виріб термічно обробляють.

Щодо зварювання сталі 30ХГСН2А, то стосовно виготовлення виробів із металу товщиною до 5 мм використовується аргонодугове ((TIG) зварювання без або з використанням присадного матеріалу. При зварюванні металу більше ніж 5 мм застосовують механізований процес зварювання в захисних газах (MIG) з використанням присадного дроту.

Як і у більшості зварних з'єднань середньовуглецевих легованих сталей, у з'єднаннях сталі 30ХГСН2А, за певних обставин, можуть утворюватися холодні тріщини [1, 9, 10]. В переважній більшості випадків такі тріщини зароджуються та

мають розвиток у зоні термічного впливу (ЗТВ) зварних з'єднань, а саме там, де сталь нагрівалася до температури вище крапки  $A_{c3}$ . Метал в цій ділянці зварного з'єднання може мати несприятливу гартівну структуру і, як наслідок, підвищену твердість, низькі пластичність та ударну в'язкість.

Структурування в ЗТВ більшості сталей в значній мірі залежить від режимів зварювання та умов охолодження зварних з'єднань, тобто від технології зварювання. Вивченню цих питань в Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України приділяється особлива увага, в особливості коли мова йде про зварювання високоміцних легованих сталей [1–3, 10–14]. Саме тому мета роботи полягала в дослідженні впливу способу та режимів зварювання на механічні властивості, опірність крихкому руйнуванню та експлуатаційну міцність стикових та таврових зварних з'єднань сталі 30ХГСН2А.

**Методика досліджень.** Досліджувана сталь марки 30ХГСН2А має наступний хімічний склад та механічні властивості (табл. 1, 2).

Для виконання роботи використовували інверторні зварювальні джерела марки EWM: Phoenix Pulse 501 для механізованого зварювання плавким електродом в середовищі захисних газів (MIG) та Tetrix 300 AC/DC для зварювання неплавким електродом (TIG).

Таблиця 1. Хімічний склад сталі 30ХГСН2А, мас. %

Сталь	C	Si	Mn	Cr	Ni	S	P	Cu
30ХГСН2А	0,28	1,02	1,1	1,03	1,68	0,014	0,025	0,023

Таблиця 2. Механічні властивості сталі 30ХГСН2А

Стан заготовки	$\sigma_{0,2}$ , МПа	$\sigma_B$ , МПа	$\delta_5$ , %	$KCU^{+20}$ Дж/см <sup>2</sup>	HRC/HV <sub>0,1</sub>
Термічно оброблена	1500	1800	15	50	47...51/297
Відпалена	520	780	23	100	-

Лобанов Л.М. – <https://orcid.org/0000-0001-9296-2335>, Гончаров П.В. – <https://orcid.org/0000-0002-1980-2340>, Позняков В.Д. – <https://orcid.org/0000-0001-8581-3526>, Гайворонський О.А. – <https://orcid.org/0000-0002-8146-7790>, Завдовєєв А.В. – <https://orcid.org/0000-0003-2811-0765>  
Л.М. Лобанов, П.В. Гончаров, В.Д. Позняков, О.А. Гайворонський, А.В. Завдовєєв, 2022

Металографічні дослідження виконували за допомогою світлового мікроскопу «Neophot-32», мікротвердість окремих структурних складових і інтегральну твердість металу вимірювали на твердомірі М-400 фірми «LECO» при навантаженні 100 г (*HV*). Зразки для металографічних досліджень підготовлювали за стандартними методиками із застосуванням алмазних паст різної дисперсності, виявлення мікроструктури виконували методом хімічного травлення у 4%-му спиртовому розчині азотної кислоти.

Для проведення механічних випробувань із зварних з'єднань виготовляли стандартні зразки. Випробування на ударний згин виконували за ГОСТ 6996-66.

Для оцінки опірності металу ЗТВ зварних з'єднань сталі 30ХГСН2А крихкому руйнуванню були зварені стикові з'єднання за MIG та TIG технологіями. З метою отримання прямолінійної границі лінії сплавлення в ЗТВ, розробка кромок виконувалась лише на одній половині стика. Після зварювання стикові з'єднання проходили термічну обробку за прийнятою технологією. Зі стиків були виготовлені спеціальні зразки розміром 120×20×10 мм з круглим надрізом з радіусом 1,5 мм по лінії сплавлення глибиною 7 мм. В подальшому на термічно оброблених зразках створювали концентратори у вигляді тріщини втоми глибиною 3 мм. Для цього використовували симетричний цикл навантаження з частотою 35 Гц і напруженням циклу 47 МПа. Навантаження виконували на втомовій машині малої потужності УМП-1. Після цього зразки випробувались при температурі 20 °С на трьохточковий вигин з використанням установки Фрідлянда. Навантаження зразків здійснювали сталим зусиллям при переміщенні пуансону зі швидкістю 1 мм/хв. Величину навантаження, при якому відбувається руйнування зразків, встановлювали за показниками динамометру.

Критерієм оцінки опірності крихкому руйнуванню металу ЗТВ на ділянці перегріву сталі був критичний коефіцієнт інтенсивності напружень  $K_{1C}$  при руйнуванні зразків, який обчислювали за формулою згідно стандартних методів механіки руйнування:

$$K_{1C} = \frac{PLY}{t\sqrt{b^3}},$$

де  $P$  – критичне навантаження, при якому зразок руйнується;  $L$  – відстань між опорами;  $t$  – товщина зразка;  $b$  – ширина зразка;  $Y$  – коефіцієнт форми зразка.

Для визначення значень критичного коефіцієнту інтенсивності напружень  $K_{1C}$  застосовували зразки прямокутного перерізу розміром 10×20×90 мм з надрізом довжиною 7 мм та тріщиною втоми довжиною 3 мм.

**Результати та обговорення.** Для оцінки впливу способу та режимів імпульсно-дугового зварювання на ударну в'язкість зварних з'єднань сталі 30ХГСН2А зварювали стикові з'єднання. Схема складання стикового з'єднання наведена на рис. 1. Такий вид зварного з'єднання забезпечує можливість дослідження саме ділянки ЗТВ, при подальшому визначенні ударної в'язкості та тріщиностійкості. По вертикальній границі сплавлення вплив ЗТВ на ударну в'язкість та тріщиностійкість буде максимальним.

Зварювання виконували наступним чином:

- імпульсно-дуговим механізованим способом зварювання (MIG) дротом суцільного перерізу марки Св-08Х20Н9Г7Т діаметром 1,2 мм в середовищі газової суміші 82%Ar+18%CO<sub>2</sub> на режимах:  $I_{зв} = 150...160$  А;  $U_d = 24...28$  В;  $v_{зв} = 15$  м/год;

- ручним імпульсно-дуговим способом зварювання неплавким електродом (TIG) в середовищі Ar на режимах:  $I_{зв} = 100$  А;  $U_d = 12...14$  В;  $v_{зв} = 7$  м/год.

Після зварювання частину стиків піддавали термічній обробці гартування нагрівом до 930 °С на протязі 0,5 год у муфельній печі моделі СНОЛ 15/1100 з охолодженням у маслі та низькому відпуску при температурі 280 °С на протязі трьох годин в печі моделі СНОЛ 75/600.

Показники ударної в'язкості зразків стикових з'єднань, виконаних MIG, знаходяться на рівні основного металу та на 30 % вищі за показники зразків із стиків, виконаних TIG (табл. 3). Вплив термічної обробки у випадку MIG – незначний (в межах ~10 %), в той час як у випадку TIG спостерігається суттєве зниження (>30 %).

Для пояснення даного ефекту проведені металографічні дослідження структури за стандартною методикою. Результати досліджень наведені на рис. 2. Визначено, що структура металу ЗТВ зварних з'єднань, виконаних за технологією MIG,

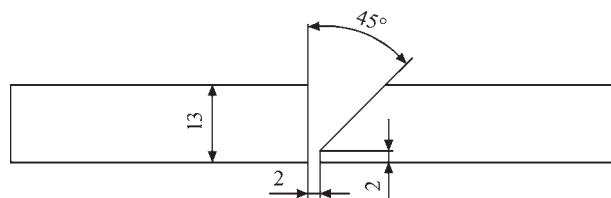


Рис. 1. Схема складання стикового з'єднання

Таблиця 3. Результати випробувань металу ЗТВ зварних з'єднань на ударну в'язкість

Номер п/п	Спосіб зварювання	Стан зварного з'єднання після зварювання	Ударна в'язкість $KCU^{+20}$ , Дж/см <sup>2</sup>
1	Дугове механізоване (MIG)	Термічно необроблене	53,0; 60,4; 63,6
2		Термічно оброблене	45,2; 58,4; 37,8; 57,3
3	Неплавким електродом (TIG)	Термічно необроблене	37,7; 41,9; 48,2
4		Термічно оброблене	21,4; 21,9; 30,4

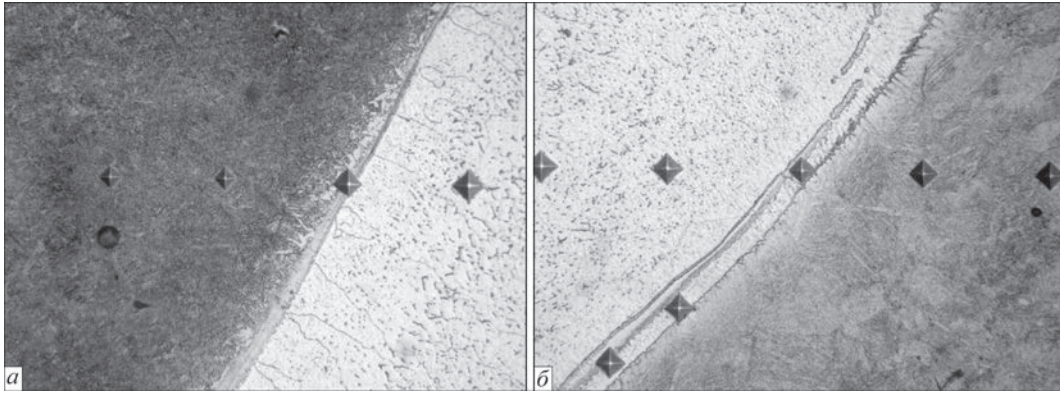


Рис. 2. Мікроструктура ( $\times 200$ ) зварних з'єднань, виконаних за технологіями TIG (а) та MIG (б)

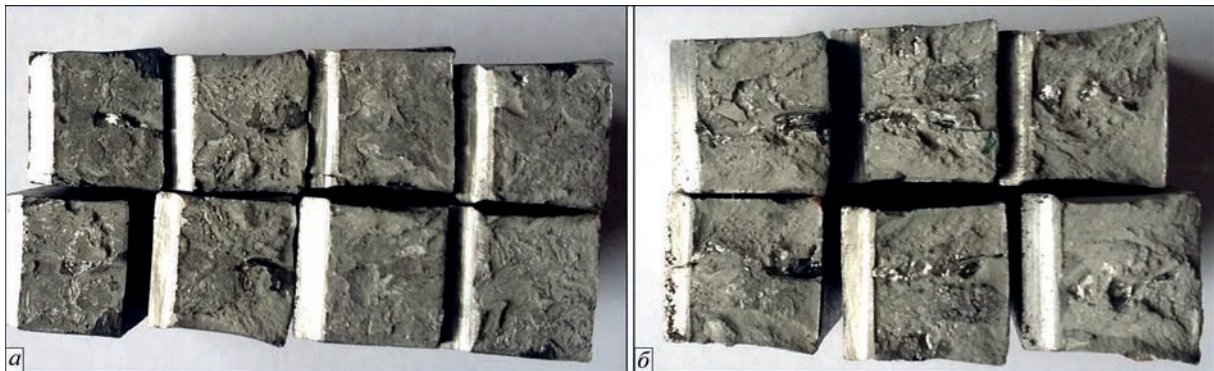


Рис. 3. Вигляд зламів зразків MI-47 після випробувань зварних з'єднань, виконаних MIG: а – термічно оброблене; б – термічно необроблене

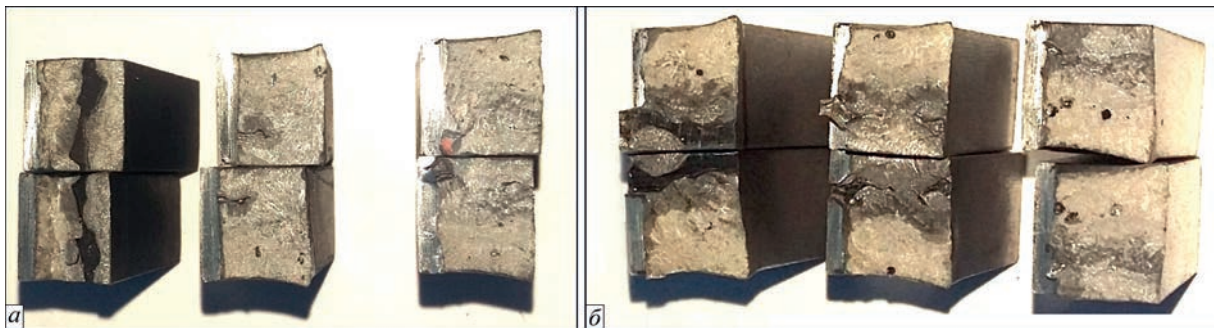


Рис. 4. Злами зразків MI-47 після випробувань, виконаних TIG: а – термічно оброблене; б – термічно необроблене

складається з суміші верхнього та нижнього бейніту і має твердість  $HV_{0,1} - 279$  (що еквівалентно  $HRC 28$ ). Структура металу ЗТВ зварних з'єднань, виконаних за технологією TIG, характеризується сумішшю мартенситу та бейніту з підвищеною твердістю  $HV_{0,1} - 464$  (що еквівалентно  $HRC 46$ ).

Саме наявність мартенситної складової в структурі зумовлює підвищені значення твердості та більш низькі значення ударної в'язкості зварних з'єднань, що виконані за технологією TIG. Загальний вигляд зламів зразків після випробувань наведено на рис. 3, 4.

Поверхня зламів зразків, виконаних одним способом зварювання, без термічної обробки та після неї практично не відрізняються (рис. 3, 4.). При цьому злами зразків зварних з'єднань, виконаних MIG, мають більш розвинуту поверхню та частку

в'язкої складової ніж у зразків, виконаних TIG, що свідчить про вищі показники ударної в'язкості.

Результати випробувань після руйнування зразків на розривній машині представлено в табл. 4.

У зв'язку з тим, що при приварюванні до сталі 30ХГСН2А елементів (наприклад, кріплення) необхідно мінімізувати шкідливий вплив зварювання та забезпечити високі властивості ос-

Таблиця 4. Результати випробувань металу шва зварних з'єднань на відрив

Номер п/п	Спосіб зварювання	Стан зварного з'єднання	Напруження руйнування, МПа
1	Неплавким електродом (TIG)	ТО після зварювання	685
2		ТО до зварювання	692
3	Дугове механізоване (MIG)	ТО до зварювання	709
4		ТО після зварювання	713



новного металу, використання низьколегованих зварювальних матеріалів є недоцільним, оскільки з'являється велика ймовірність формування холодних тріщин. Крім того, в цьому разі постає необхідність проведення термічної обробки всього виробу, що економічно значно здорожчує виробництво, а з технічної точки зору ускладнює. Вирішити зазначені проблеми дозволяє використання високолегованого зварювального дроту аустенітного класу. При цьому зміна технологічних властивостей основного металу мінімальна, та як показав експеримент, відсутня необхідність у термічній обробці готового виробу. Показано, що зварні з'єднання зі сталі 30ХГСН2А, виконані MIG та TIG, термічно оброблені та необроблені, мають близькі та доволі високі значення механічних характеристик. Руйнування зварного з'єднання пройшло по бісектральній площині шва. Опір металу шва на відрив близький до межі плинності металу, наплавленого дротом Св-08Х20Н9Г7Т ( $\sigma_T = 400...430$  МПа). Зовнішній вигляд зламів зразків доволі пластичний, що свідчить про достатньо високі механічні характеристики зварного з'єднання, які забезпечив аустенітний метал шва.

Для оцінки механічних властивостей таврових зварних з'єднань були зварені дослідні зразки за технологіями MIG та TIG. Дослідний зразок представляє собою тавр, зварений з двох пластин сталі 30ХГСН2А (рис. 5).

Зварювання дослідних таврових з'єднань виконувалось:

1. Механізованим зварюванням (MIG) дротом марки Св-08Х20Н9Г7Т діаметром 1,2 мм в середовищі газової суміші 82%Ar+18%CO<sub>2</sub> на режимах:  $I_{зв} = 120...140$  А;  $U_d = 24...26$ В;  $v_{зв} = 15$  м/год.

2. Ручним аргонодуговим зварюванням неплавким електродом (TIG). Кореневий прохід виконувався без присадки, наступний з присадкою дроту марки Св-08Х20Н9Г7Т діаметром 2 мм. Режими зварювання:  $I_{зв} = 100$ А;  $U_d = 12...14$ В;  $v_{зв} =$  м/год.

3. Ручним аргонодуговим зварюванням неплавким електродом (TIG). Кореневий прохід та наступний за ним виконувались з присадкою дроту марки Св-08Х20Н9Г7Т діаметром 2 мм. Режими зварювання:  $I_{зв} = 100$ А;  $U_d = 12...14$ В;  $v_{зв} = 7$  м/год.

Перед виконанням термічної обробки зразків, посилення швів знімалось механічним шляхом з формуванням радіального переходу від верхнього до нижнього елемента пластини. Для порів-

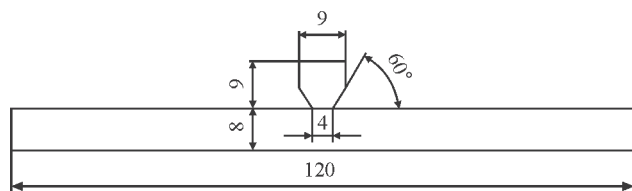


Рис. 5. Ескіз дослідного зварного з'єднання для випробувань зварного з'єднання опору при циклічному навантаженні

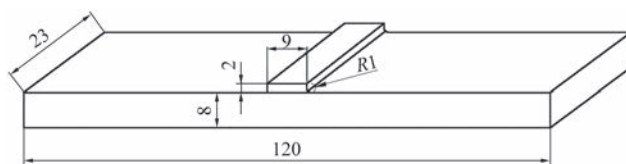


Рис. 6. Схема суцільного модельного зразка

няння опору руйнуванню при циклічному навантаженні зварного з'єднання та основного металу були виготовлені суцільні дослідні зразки зі сталі 30ХГСН2А шляхом фрезерування (рис. 6). Термічна обробка всіх зразків виконувалась за вказаною вище технологією.

Твердість всіх зразків після термообробки відповідає вимогам нормативної документації для виробів з цієї сталі та дорівнювала  $HB 410...440$ .

Випробування зразків виконувалось при змінному циклічному навантаженні величиною 47 МПа на машині УМП-01 до виникнення втоми тріщини та подальшого руйнування зразків. Отримані результати випробувань наведені в табл. 5.

Як бачимо з табл. 5, вищі результати опору руйнуванню при циклічному навантаженні мають зразки з суцільного металу та зразки, в яких елементи кріплення були приварені за технологією MIG.

Узагальнені результати досліджень впливу кінцевої термічної обробки при різних способах зварювання на опірність металу ЗТВ стикового зварного з'єднання сталі 30ХГСН2А крихкому руйнуванню наведено у табл. 6.

Як видно з наведених в табл. 6 даних, незалежно від способу зварювання після фінішної термічної обробки показники опірності крихкому руйнуванню близькі та перевищують вимоги до основного металу. Це свідчить про рівноцінність способів зварювання та дієвість фінішної термічної обробки. Злам металу зварного з'єднан-

Таблиця 5. Результати випробувань дослідних зразків зі сталі 30ХГСН2А на опір руйнуванню при циклічному навантаженні

Номер зразка	Спосіб зварювання	Кількість циклів до утворення тріщини втоми	Кількість циклів до руйнування
1	MIG	330 000	364000
2	TIG без присадки	307 000	325000
3	TIG з присадкою	317 000	340000
4	Суцільний зразок без зварювання	418 000	430000

Таблиця 6. Результати випробувань зразків МІ-37 на опірність крихкому руйнуванню металу ЗТВ

Номер зразка	Спосіб зварювання	Опірність крихкому руйнуванню $K_{1c}$ МПа√м
1	MIG	85,45
2	TIG з присадкою	81,25
3	TIG без присадки	78,30
Вимоги до основного металу [1,2] – 60 МПа√м.		

ня доволі в'язкий, що додатково свідчить про достатньо високу опірність крихкому руйнуванню металу ЗТВ.

## Висновки

Проведені комплексні дослідження з застосуванням стандартних методик та критерію механіки руйнування дозволили з'ясувати поведінку зварних з'єднань в умовах, що імітують статичне та циклічне навантаження під час роботи та визначити кількісні показники механічних властивостей. Завдяки застосуванню джерел живлення, що забезпечують імпульсно-дугове зварювання з низькими погонними енергіями, аустенітних зварювальних матеріалів, що дозволяє виконувати зварювання сталі 30XГСН2А без попереднього та супутнього підігрівів, або термічної обробки (відпуску), а також суміщення кінцевої термічної обробки, що передбачена для виробу, з термічною обробкою після зварювання, забезпечено:

- ударну в'язкість металу ЗТВ по лінії сплавлення на рівні основного металу ( $KCU^{+20} \geq 55$  Дж/см<sup>2</sup>);
- механічні характеристики на рівні міцності металу шва ( $\sigma_T = 400 \dots 430$  МПа) при статичному розтягуванні зварного з'єднання модельного зразка;

- опір втомі (кількість циклів до руйнування) при циклічному навантаженні зварного з'єднання на рівні 75...80 % від основного металу;

- тріщиностійкість металу ЗТВ зварних з'єднань за критерієм механіки руйнування  $K_{IC}$  на рівні 78...85 МПа√м, що задовольняє вимогам до основного металу такого класу сталей ( $K_{IC} \geq 60$  МПа√м).

## Список літератури

1. Стеренbogen Ю.А., Васильев Д.В., Демченко Э.Л., Новикова Д.П. (2006) Роль пиковых напряжений в образовании холодных трещин в сварных соединениях закаляющихся сталей. *Автоматическая сварка*, **4**, 636, 11–20.
2. Кулик В.М., Васильев В.Г., Григоренко Г.М. и др. (2007) Фазовые и структурные превращения при сварке и дуговой обработке соединений стали 30ХГСА. *Там же*, **9**, 653, 10–15.
3. Кулик В.М., Савицкий М.М., Лупан А.Ф. и др. (2007) Комбинированная сварка неплавящимся электродом заготовок валов. *Доклады 2-го научно-технического семинара «Сварка и родственные процессы в промышленности»*.
4. Sun, Qing Jie, Hai Feng Hu, Xin Yuan, Ji Cai Feng. (2011) Research status and development trend of narrow-Gap TIG welding. *In Advanced Materials Research*, 308, 1170–1176. Trans Tech Publications Ltd.
5. Krzywy, Kamil Sebastian. (2016) *Application of the isothermal quenching for formation of the mechanical properties of structural steel 30HGSNA (30CrMnSiNi)*. PhD diss., Zakład Inżynierii Powierzchni.
6. Pietruszka, J. (2003) Full scale fatigue tests of the commuter aircraft under-carriage made of high strength low-alloy steel. *Prace Instytutu Lotnictwa*, **1-2** (172-173), 28–31.
7. Дементьев В.Б., Засыпкин А.Д. (2015) Исследование структуры и механических свойств стали 30XГСН2А в технологиях прошивки, редуцирования и высокотемпературной термомеханической обработки осеботорло-стенных трубных заготовок. *Химическая физика и мезоскопия*, **17**, **3**, 372–379.
8. Skuratov, D.L., Evdokimov D.V., Fedorov D.G. (2014) Research of thermal cycle parameters and surface condition of the samples from high-tension steel 30XГСН2А at cylindrical external grinding. *Life Science Journal*, **11**, **10**, 678–681.
9. Гайворонский А.А. (2013) Влияние диффузионного водорода на сопротивляемость замедленному разрушению сварных соединений высокоуглеродистой стали. *Автоматическая сварка*, **5**, 721, 15–21.
10. Гайворонский А.А. (2014) Сопротивляемость образованию холодных трещин металла ЗТВ сварного соединения высокопрочных углеродистых сталей. *Там же*, **2**, 729, 3–12.
11. Позняков В.Д., Костин В.А., Гайворонский А.А. и др. (2015) Влияние термического цикла сварки на структурно-фазовые превращения и свойства металла ЗТВ среднеуглеродистой легированной стали типа 30X2H2MФ. *Там же*, **2**, 8–15.
12. Marek, S., Bień, A., Stanisławska, A. (2021) Laser Beam as a Precision Tool to Increase Fatigue Resistance in an Eyelet of Undercarriage Drag Strut. *International Journal of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 1–16.
13. Lunarska, E., Nikiforow, K., Sitko, E. (2003) Improving the resistance to stress corrosion cracking and to hydrogen embrittlement of bainite high strength steel. *Advances in Materials Science* **3**, no. **2** (4): 35–41.
14. Кулик В.М., Васильев В.Г. (2006) Изменение структуры и свойств металла ЗТВ соединений стали 30ХГСА при дуговой обработке. *Автоматическая сварка*, **7**, 639, 19–25.

## References

1. Sterenbogen, Yu.A., Vasiliev, D.V., Demchenko, E.L., Novikova, D.P. (2006) Role of peak stresses in formation of cold cracks in welded joints of hardenable steels. *The Paton Welding J.*, **4**, 636, 11–20.
2. Kulik, V.M., Vasiliev, V.G., Grigorenko, G.M. et al. (2007) Phase and structural transformations in welding and arc treatment of 30KhGSA steel joints. *The Paton Welding J.*, **9**, 653, 10–15.
3. Kulik, V.M., Savitsky, M.M., Lupan, A.F. et al. (2007) Nonconsumable electrode combined welding of shaft billets. *In: Proc. of 2nd Sci.-Techn. Seminar on Welding and Related Technologies in Industry* [яка мова?]
4. Sun, Qing Jie, Hai Feng Hu, Xin Yuan, Ji Cai Feng. (2011) Research status and development trend of narrow-Gap TIG welding. *Advanced Materials Research*, 308, 1170–1176. Trans Tech Publications Ltd.
5. Krzywy, Kamil Sebastian. (2016) *Application of the isothermal quenching for formation of the mechanical properties of structural steel 30HGSNA (30CrMnSiNi)*. PhD diss., Zakład Inżynierii Powierzchni.
6. Pietruszka, J. (2003) Full scale fatigue tests of the commuter aircraft under-carriage made of high strength low-alloy steel. *Prace Instytutu Lotnictwa*, **1-2** (172-173), 28–31.
7. Dementiev, V.B., Zasyepkin, A.D. (2015) Investigation of structure and mechanical properties of 30KhGSN2A steel in technologies of piercing, reducing and high-temperature thermomechanical treatment of extra-thick-walled pipe billets. *Химическая Физика и Мезоскопия*, **17**(3), 372–379 [in Russian].
8. Skuratov, D.L., Evdokimov D.V., Fedorov D.G. (2014) Research of thermal cycle parameters and surface condition of the samples from high-tension steel 30XГСН2А at cylindrical external grinding. *Life Sci. J.*, **11**(10), 678–681.
9. Gajvoronsky, A.A. (2013) Influence of diffusible hydrogen on delayed cracking resistance of high-carbon steel welded joints. *The Paton Welding J.*, **5**, 721, 15–21.
10. Gajvoronsky, A.A. (2014) Resistance to cold crack formation of HAZ metal of welded joint on high-strength carbon steels. *The Paton Welding J.*, **2**, 729, 3–12.
11. Poznyakov, V.D., Kostin, V.A., Gajvoronsky, A.A. et al. (2015) Effect of welding thermal cycle on structure-phase transformations and properties of HAZ metal of alloyed

- 30Kh2N2MF type medium-carbon steel. *The Paton Welding J.*, **2**, 8–15.
12. Marek, S., Bień, A., Stanisławska, A. (2021) Laser beam as a precision tool to increase fatigue resistance in an eyelet of undercarriage drag strut. *Int. J. of Precision Engineering and Manufacturing-Green Technology*, 1–16.
13. Lunarska, E., Nikiforow, K., Sitko, E. (2003) Improving the resistance to stress corrosion cracking and to hydrogen embrittlement of bainite high strength steel. *Advances in Materials Sci.* **3**, **2**(4), 35–41.
14. Kulik, V.M., Vasiliev, V.G. (2006) Variations in structure and properties of HAZ metal in welded joints on theel 30KhGSA in arc treatment. *The Paton Welding J.*, **7**, 639, 19–25.

## TECHNOLOGICAL FEATURES OF WELDING 30KHGSN2A STEEL

L.M. Lobanov, P.V. Goncharov, V.D. Poznyakov, O.A. Gaivoronsky, A.V. Zavdoveev

E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine. 11 Kazymyr Malevych Str., 03150, Kyiv, Ukraine.

E-mail: office@paton.kiev.ua

High-strength alloy steels of 30KhGSN2A type are widely used in the manufacture of products that can bear significant loads. In the thermally hardened state, this steel has a tensile strength of more than 1500 MPa. Depending on the product, it can be used in thicknesses from 2 to 15 mm and more. However, the use of such steels requires strict technical requirements for their heat treatment, creating difficulties during the manufacture of products. Development of welding technology in the manufacture of products of 30KhGSN2A steel is currently relevant. In the present work, technological features of welding of high-strength alloy steels of 30KhGSN2A type are stated. 14 Ref., 6 Tabl., 6 Fig.

*Keywords: high-strength steels, pulsed-arc welding, heat-affected zone, structure, mechanical properties, austenitic welding materials*

Надійшла до редакції 07.04.2022

## HYPERTHERM ASSOCIATES — нова корпоративна назва виробника плазмової продукції HYPERTHERM та водоструйної продукції OMAX



Hypertherm змінює свою корпоративну назву на Hypertherm Associates, назву, яка представляє еволюцію компанії від виробника продуктів плазмового різання до постачальника багатотехнологічних рішень для промислового різання зі своїми людьми («Associates») в основі всього, що він робить для підтримки та вирішення проблем клієнтів. Hypertherm Associates продовжить пропонувати провідну в

галузі лінійку рішень для промислового різання, включаючи плазмову, водоструйну, програмне забезпечення та багато іншого, організованих у чотирьох різних напрямках. Hypertherm® і надалі залишатиметься брендом рішень для плазмового різання, а OMAX® залишиться іменем для своїх провідних на ринку систем гідроабразивного різання. Дві нещодавно визначені групи, Hypertherm Associates Software Group і Hypertherm Associates Aftermarket Group, охоплюватимуть такі бренди продукції, як ProNest®, Robotmaster®, Centricut® laser і AccuStream®.

«Ми хотіли, щоб наша нова корпоративна назва відображала нашу культуру, орієнтовану на людей, як компанії на 100% асоційованої компанії. Наші засновники виявили пристрасть до технологічних інновацій, орієнтованих на клієнта, поставили розвиток і добробут наших людей — наших партнерів — у центр уваги, а потім передали право власності на компанію цим партнерам, щоб реалізувати це бачення», — пояснив Еван Сміт, президент і генеральний директор Hypertherm Associates. «Це посилює нашу зосередженість на людях, від наших клієнтів, партнерів та оточуючих спільнот до наших партнерів, які володіють компанією. Це закріплює нашу довгострокову прихильність і зосередженість на технологічних інноваціях та партнерстві, орієнтованих на клієнта, а також на наших спільнотах, а не на зовнішніх акціонерах чи інвесторах».

Разом з новою назвою Hypertherm Associates представляє новий корпоративний логотип та оновлені логотипи для своїх технологічних брендів. Логотип Hypertherm Associates, створений так, щоб нагадувати гніздо вирізаних деталей, служить для візуального зв'язку корпоративного бренду з шанованими технологіями та брендами продукції компанії. У той же час він демонструє лідерство компанії в галузі та технології та її прихильність до бережливого виробництва, стійких методів та інноваційного інженерії, а також силу пропозицій із перехресними технологіями, які вирішують проблеми клієнтів.

Hypertherm Associates — американський виробник продуктів для промислового різання та програмного забезпечення. Його продукцію, включаючи системи плазми Hypertherm і гідроабразивних систем OMAX, компанії по всьому світу використовують для будівництва кораблів, літаків і залізничних вагонів; при будівництві сталевих споруд, виготовленні важкого обладнання та вітрових турбін тощо. На додаток до систем різання, компанія створює ЧПУ та програмне забезпечення, яке забезпечує продуктивність і надійність, що призводить до підвищення продуктивності та прибутковості для сотень тисяч підприємств.

Компанія Hypertherm Associates, заснована в 1968 р., є 100-відсотковою асоційованою компанією, у якій працюють близько 2000 співробітників, які працюють і представлені партнерами по всьому світу.

Дізнайтеся більше по посиланню: [www.HyperthermAssociates.com](http://www.HyperthermAssociates.com)  
Розендал, Нідерланди