

Дуговая сварка намагниченных трубопроводов модулированным током

Бакланов С.В., Маков Д.А.
(ООО «Газпром трансгаз Томск»),
Киселев А.С., Гордынец А.С.
(Томский политехнический университет)



Причины намагничивания магистральных нефтегазопроводов

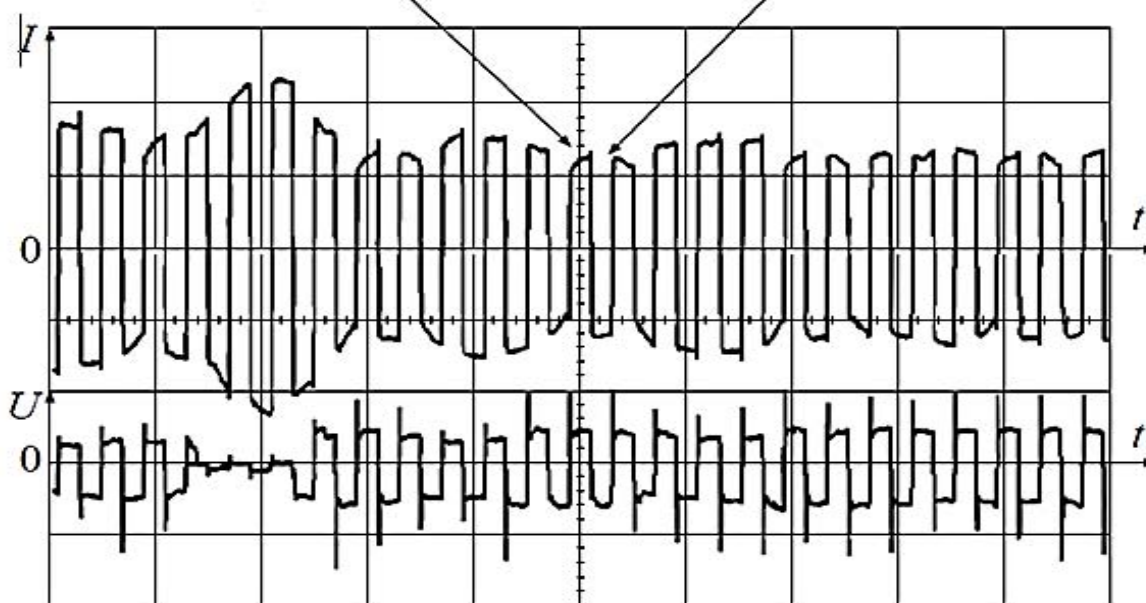
- применение внутритрубных передвижных магнитных дефектоскопов;
- воздействие магнитного поля Земли;
- воздействие магнитного поля линий электропередач.





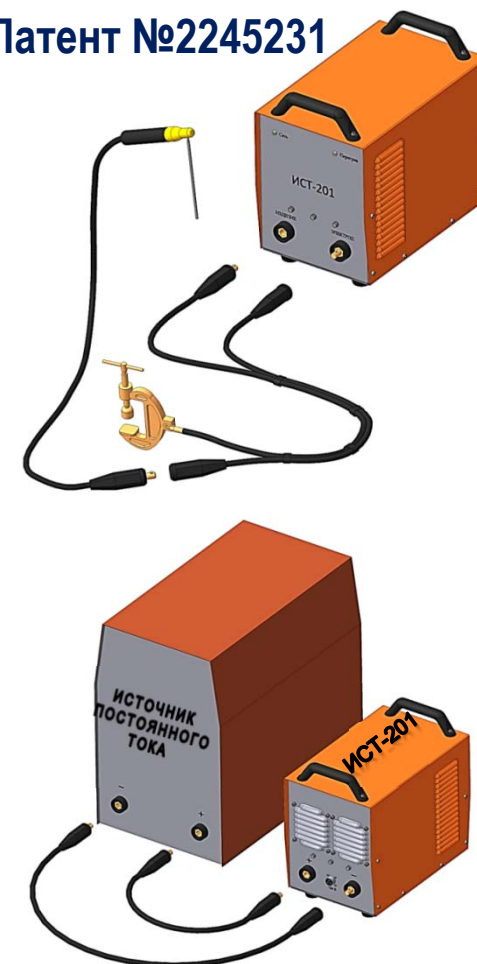
- необходим специально обученный персонал;
- трудоемкий процесс подготовки оборудования к работе;
- большой вес оборудования;
- наличие посторонних предметов в зоне сварки;
- невозможность осуществлять сварку двумя и более сварщиками при неравномерном магнитном поле;
- высокая стоимость оборудования.

Способ дуговой сварки разнополярными прямоугольными импульсами тока покрытыми электродами намагниченных деталей

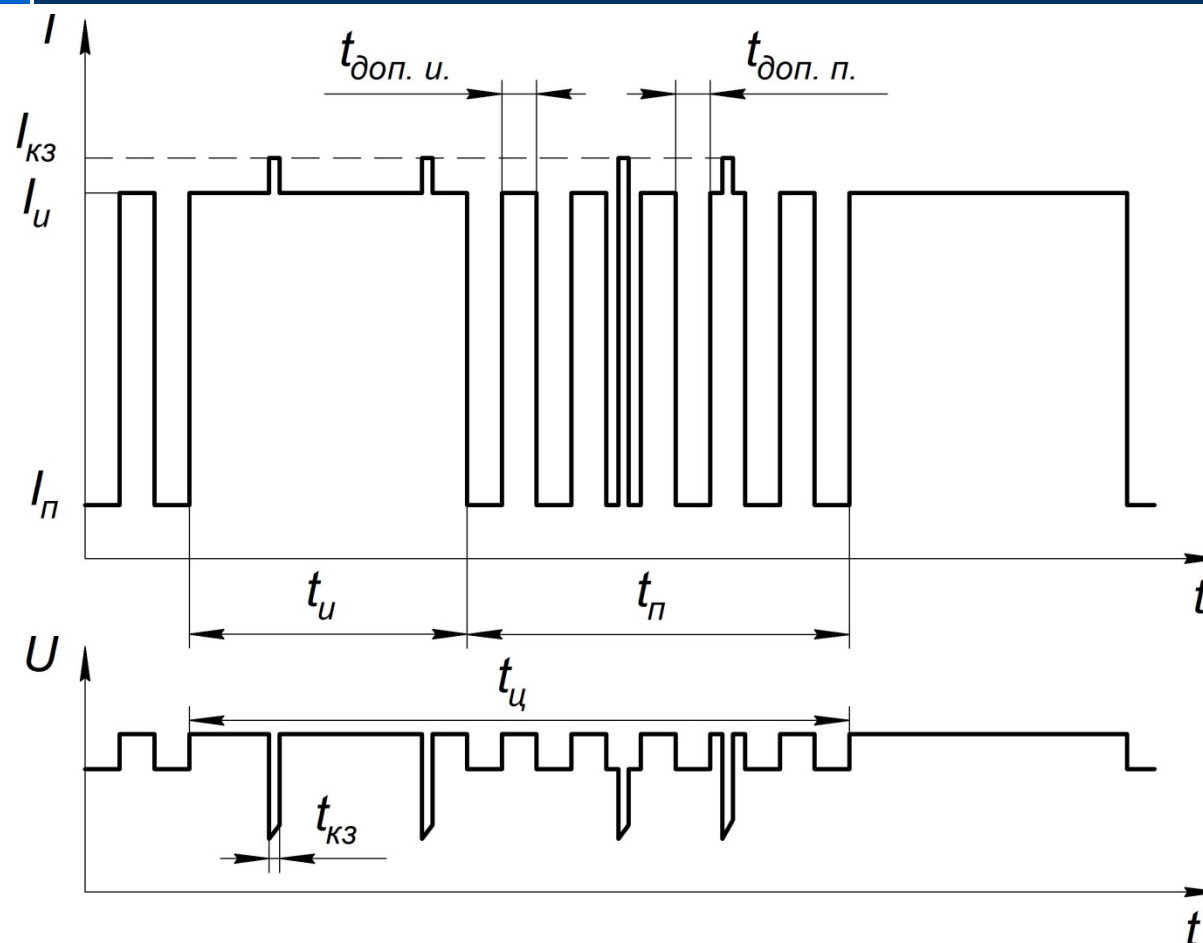


Осциллограммы электрических параметров дуги и кадры видеосъемки процесса сварки при возмущающем действии магнитного поля ($\mu t = 5$ мс/дел.; $\mu i = 50$ А/дел.; $\mu u = 50$ В/дел.; $B = 1000$ Гс).

Патент №2245231



Временная диаграмма тока при известном способе дуговой сварки униполярным модулированным током

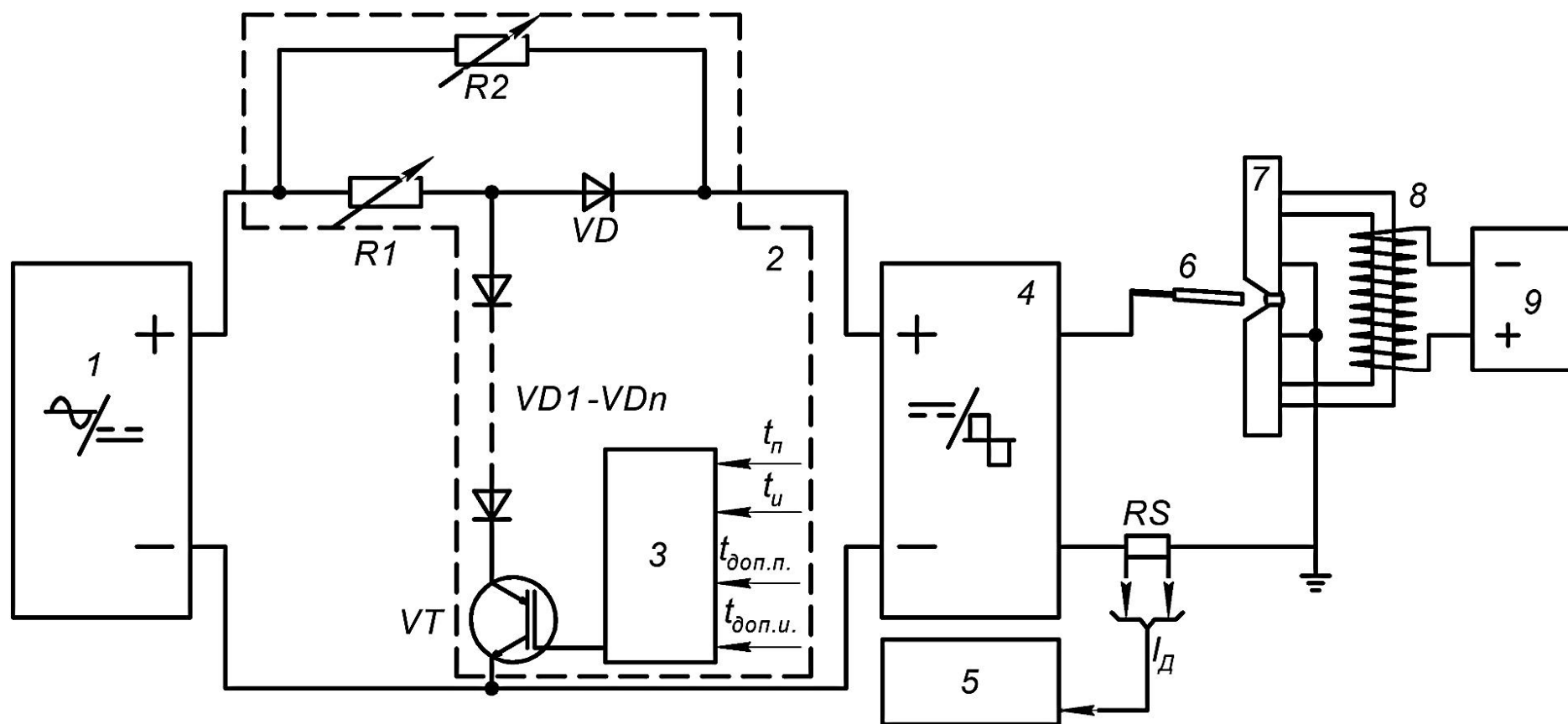


Регулируемые параметры: ток импульса (I_u); ток паузы (I_n); длительность импульса (t_u); длительность паузы тока (t_n); длительность дополнительного импульса тока ($t_{доп. u.}$); длительность дополнительной паузы тока ($t_{доп. п.}$)

управление формированием корневого слоя шва при дуговой сварке покрытыми электродами посредством амплитудной модуляции разнополярных прямоугольных импульсов тока в условиях возмущающего действия магнитного поля.

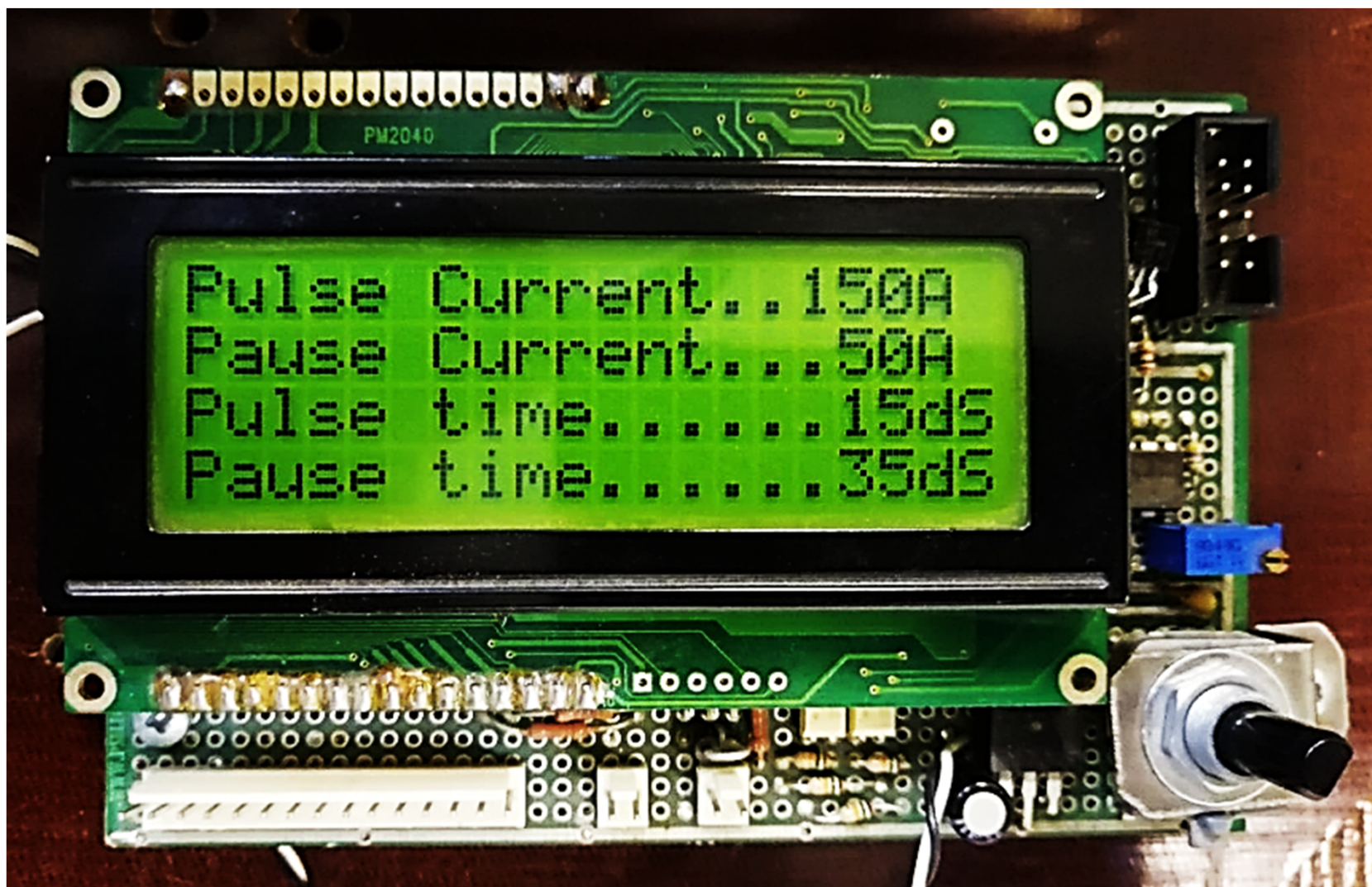
Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- 1) Разработать принцип модуляции сварочного тока .
- 2) Определить влияние амплитудно-временных параметров модуляции разнополярных прямоугольных импульсов тока на стабильность процесса дуговой сварки корневого слоя шва электродами с основным типом покрытия при возмущающем действии магнитного поля.
- 3) Разработать специализированное оборудование для дуговой сварки и исследовать свойства получаемых соединений.



1 - сварочный выпрямитель ; 2 - модулятор сварочного тока; 3 - микропроцессорная система управления; 4 - инвертор сварочного тока ИСТ-201; 5 – осциллограф; 6 – электрод; 7 - металлическая пластина; 8 - индуктор; 9 - источник постоянного тока.

Микропроцессорная система управления модулятором сварочного тока

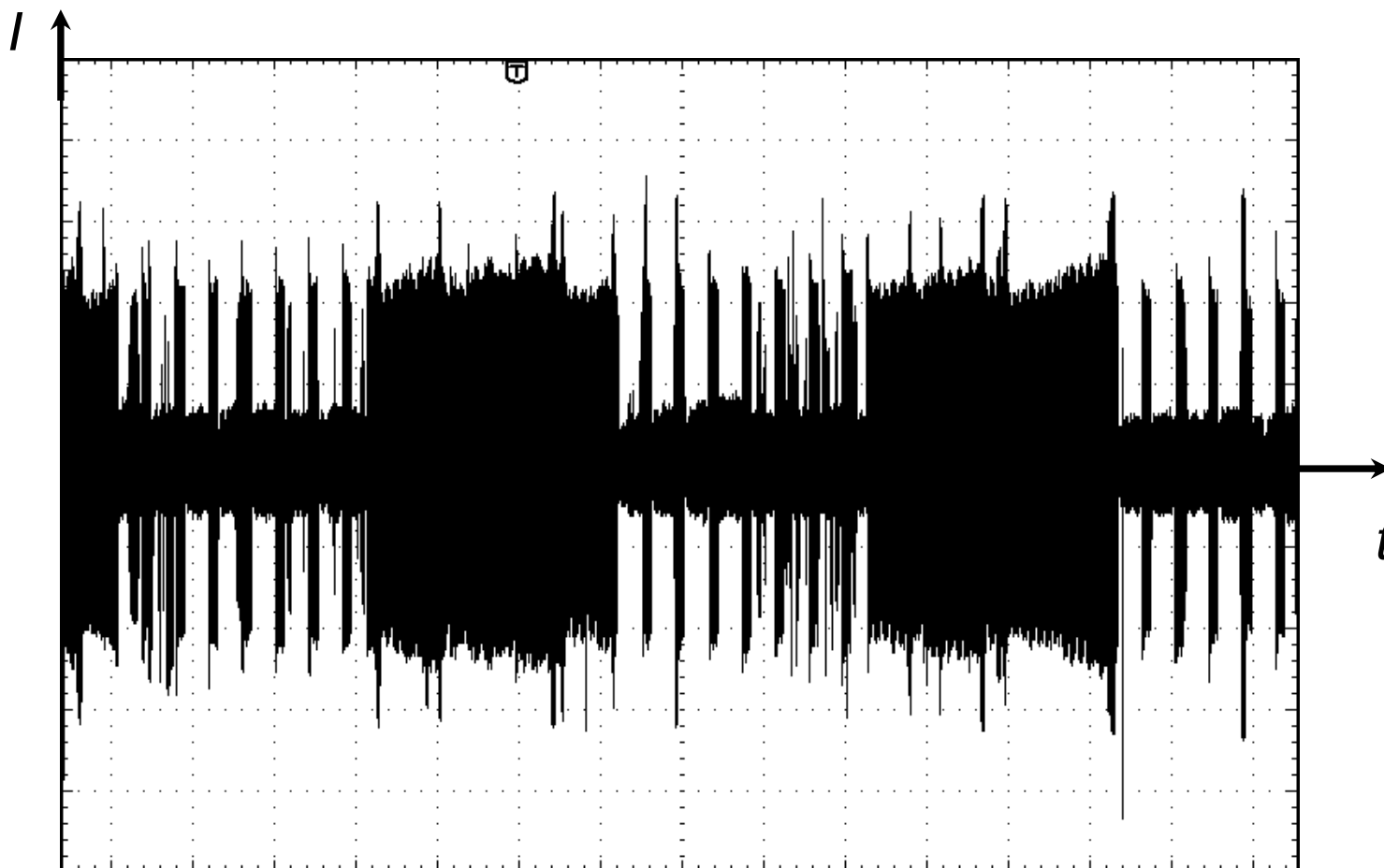




Величина индукции магнитного поля: (0...1000 Гс).

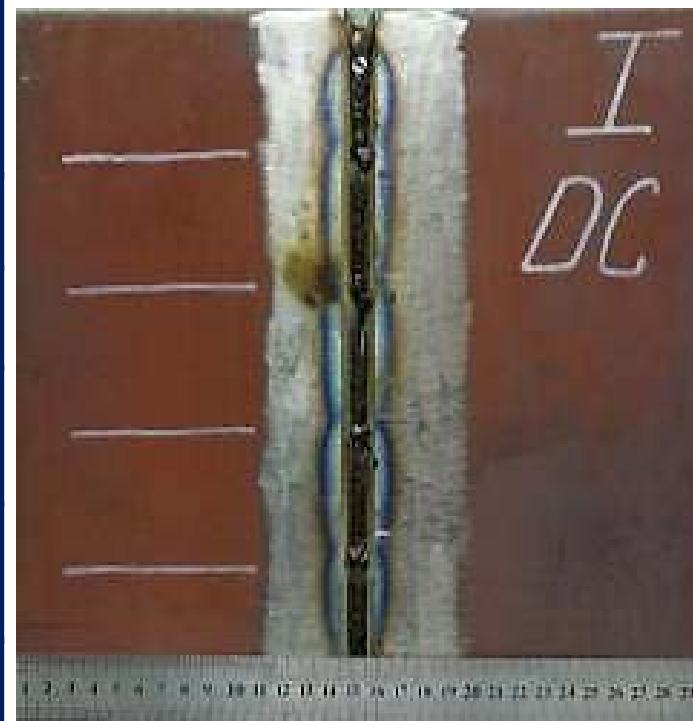


Осциллограмма разнополярных импульсов тока модулированных по амплитуде при сварке намагниченных деталей



$(\mu i = 50 \text{ A/дел.}, \mu t = 0,1 \text{ с/дел.}, B = 1000 \text{ Гс})$

Условия сварки	Величина начальной индукции, Гс	Сварочный ток, А
Постоянный ток, размагниченные пластины	0	67
Униполярный модулированный ток, размагниченные пластины	0	75
Разнополярные прямоугольные импульсы тока, размагниченные пластины	0	70
Разнополярные прямоугольные импульсы тока, намагниченные пластины	1000	76
Амплитудная модуляция разнополярных прямоугольных импульсов тока, размагниченные пластины	0	91
Амплитудная модуляция разнополярных прямоугольных импульсов тока, намагниченные пластины	1000	93



Пластины, сталь 09Г2С,
K52, 150x300x12 мм.

Внешний вид корневых слоёв шва

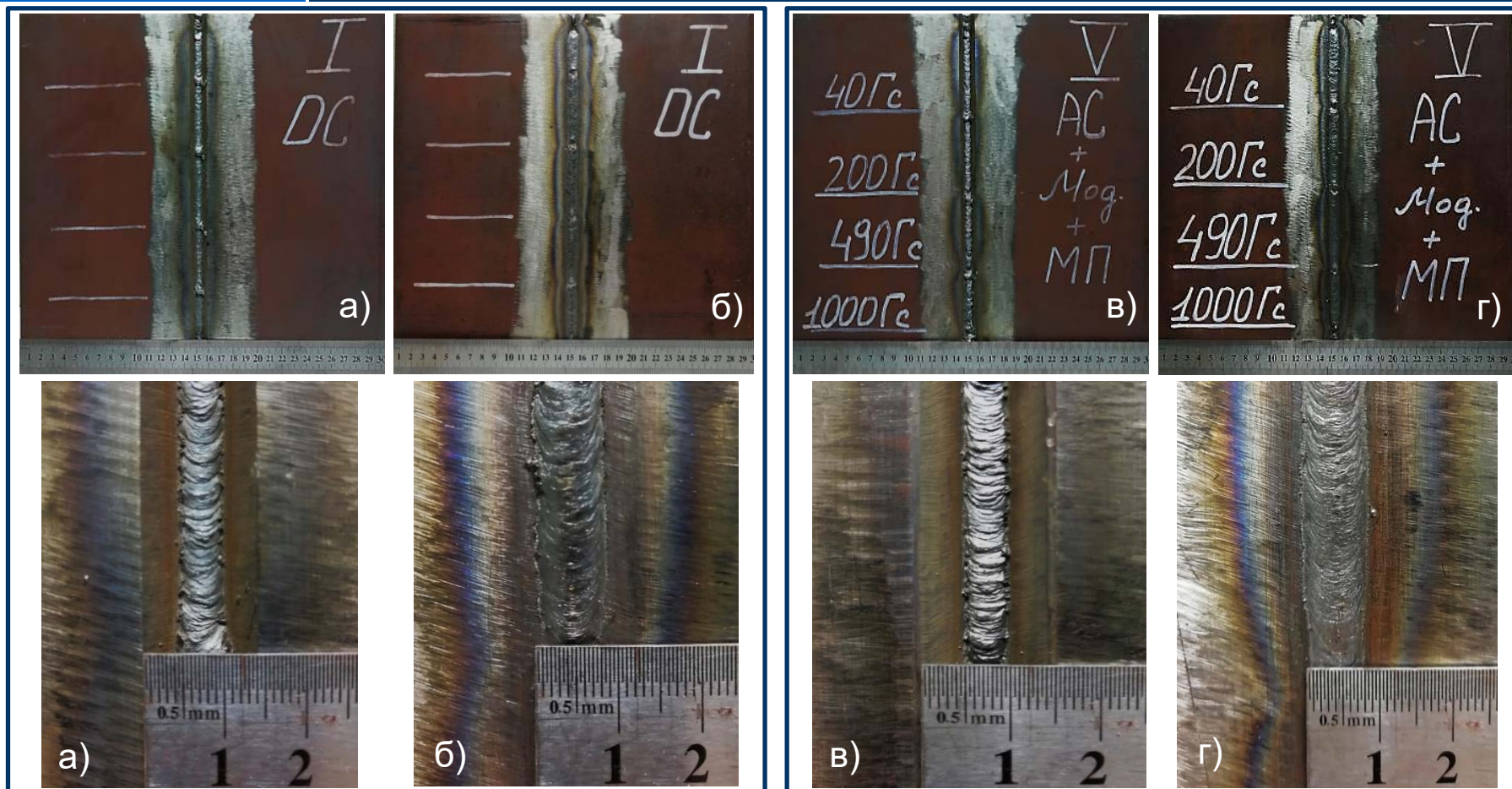
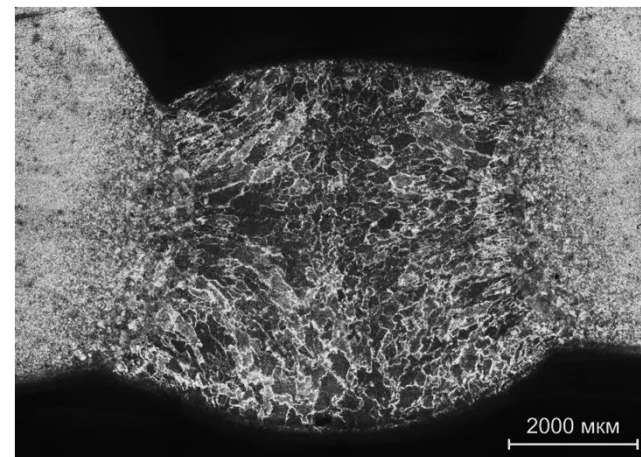
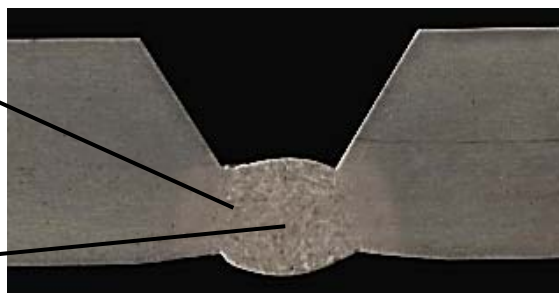
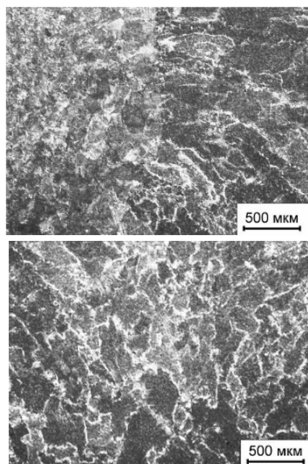


Рисунок 2 - Размагниченные пластины (величина индукции 0 Гс), постоянный ток обратной полярности: а) корень снаружи; б) обратный валик.

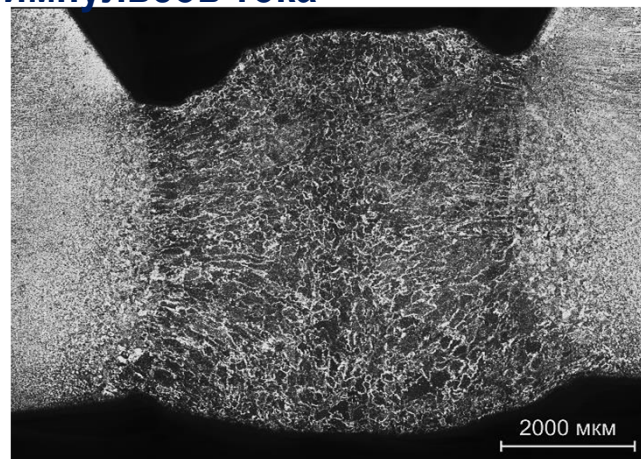
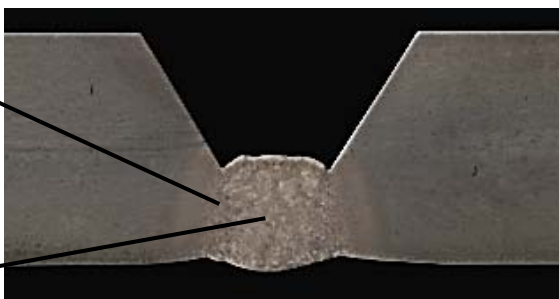
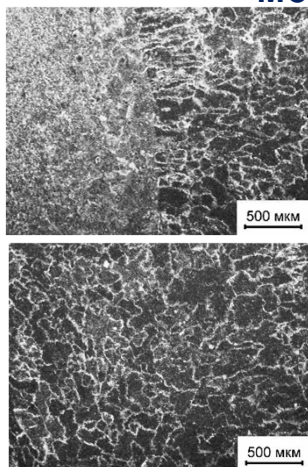
Рисунок 3 - Намагниченные пластины (начальная величина индукции 1000 Гс), модуляция разнополярных прямоугольных импульсов тока: в) корень снаружи; г) обратный валик.

Микро- и макроструктура корневых слоёв шва

Размагниченные пластины (величина индукции 0 Гс) – постоянный ток обратной полярности



Намагниченные пластины (начальная величина индукции 1000 Гс) – амплитудная модуляция разнополярных прямоугольных импульсов тока



Методика проведения исследований при дуговой сварке покрытыми электродами

Таблица 1 - Механические свойства стали 12Г2СБ (ГОСТ 10705 – 80)

Временное сопротивление разрыву σ_B , МПа	Предел текучести σ_{02} , МПа	Относительное удлинение δ , %
490	343	20

Таблица 2 - Параметры режимов сварки

Условия сварки	Слой сварного шва	Электроды		Сварочный ток, А
		Марка	Диаметр, мм	
Амплитудная модуляция разнополярных прямоугольных импульсов тока, намагниченная труба (начальная величина индукции 1000 Гс)	корневой	LB-52U	2.6	80...100
	заполняющий	OK 53.70	3	90...135
	облицовочный	OK 53.70	3	90...135
Постоянный ток обратной полярности, размагниченная труба (величина индукции 0 Гс)	корневой	LB-52U	2.6	70...90
	заполняющий	OK 53.70	3	80...120
	облицовочный	OK 53.70	3	80...120



Трубы, сталь 12Г2СБ, Ø530x10 мм., K52



СТО Газпром 2-2.2-136-2007

Результаты неразрушающего контроля и химический состав металла шва полученных сварных соединений



А) Внешний вид сварного шва выполненного постоянным током обратной полярности, размагниченная труба (величина индукции 0 Гс)



Б) Внешний вид сварного шва выполненного амплитудной модуляцией разнополярных прямоугольных импульсов тока, намагниченная труба (начальная величина индукции 1000 Гс)

Таблица 3 - Химический состав основного металла (сталь 12Г2СБ)

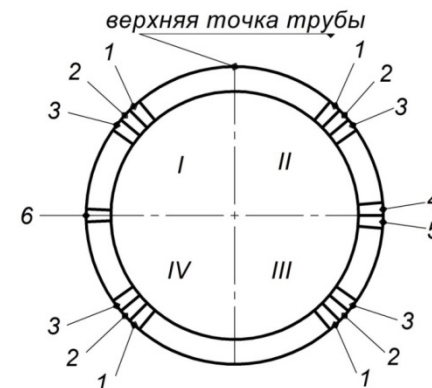
Химический состав основного металла, %									
C	Si	Mn	Cr	Ni	Co	Cu	Nb	Ti	V
0,12	0,42	1,46	0,12	0,08	0,01	0,15	0,05	0,01	0,06

Таблица 4 - Химический состав металла шва

Условия сварки	Химический состав металла шва, %							
	C	Si	Mn	Cr	Ni	Co	Cu	V
Амплитудная модуляция разнополярных прямоугольных импульсов тока, намагниченная труба (начальная величина индукции 1000 Гс)	0,12	0,3	1,07	0,02	0,01	—	0,07	0,01
Постоянный ток обратной полярности, размагниченная труба (величина индукции 0 Гс)	0,12	0,3	1,20	0,04	0,02	0,01	0,04	0,02

Схема вырезки образцов и результаты испытаний на статическое растяжение

- 1 – образец для испытания на статическое растяжение;
- 2 – образец для испытания на статический изгиб корнем шва наружу или на ребро;
- 3 – образец для испытаний на статический изгиб корнем шва внутрь или на ребро;
- 4 – образцы для испытаний на ударный изгиб (по оси шва);
- 5 – образцы для испытаний на ударный изгиб (по линии сплавления);
- 6 – образец для измерения твердости.

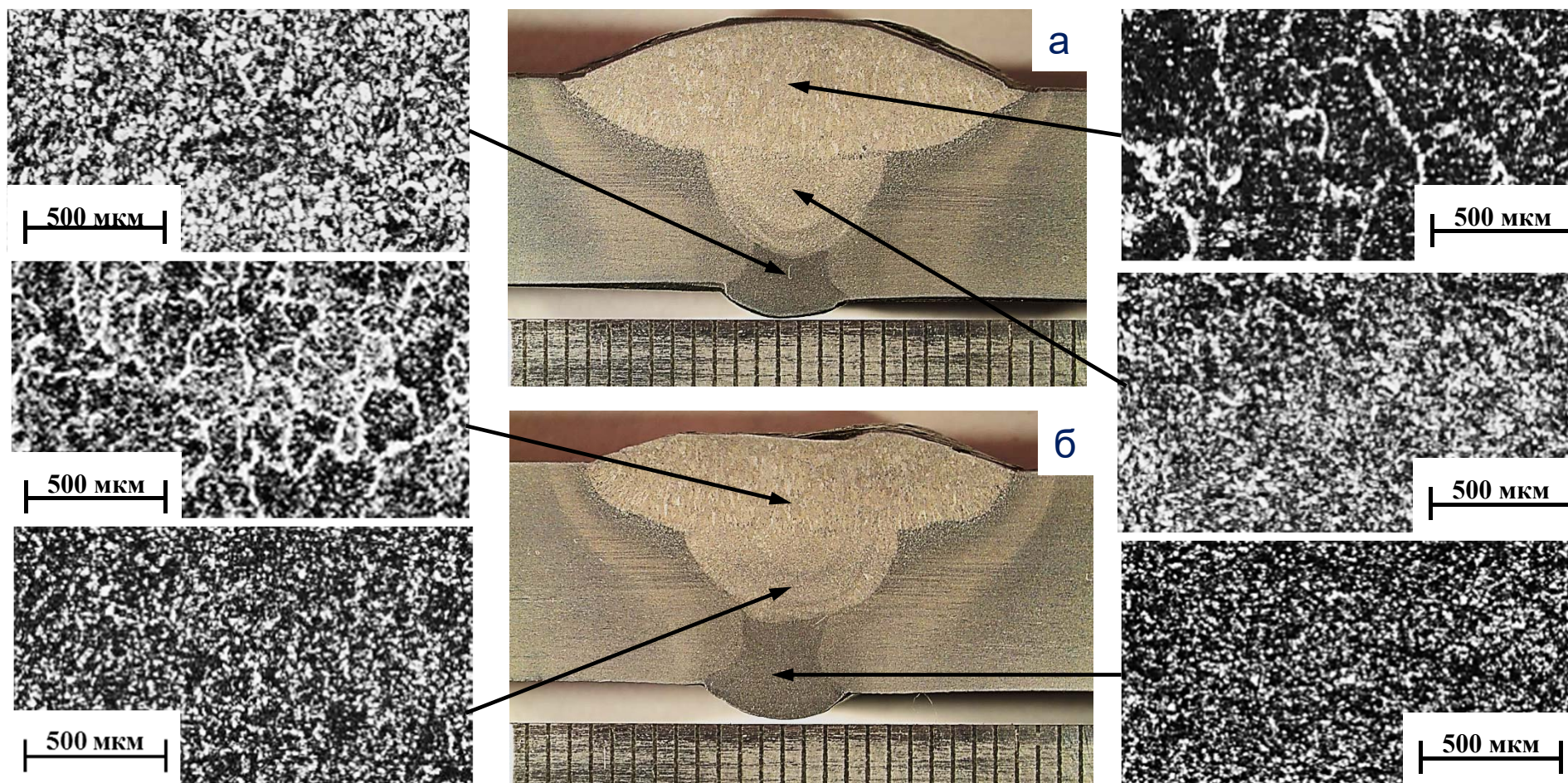


Условия сварки	Стык/ четверть/ образец	Механические свойства сварных соединений		
		Временное сопротивление разрыву σ_B , МПа	Относительное удлинение δ , %	Относительное сужение Ψ , %
Намагниченная труба, амплитудная модуляция разнополярных прямоугольных импульсов тока	ст. 1/II/1	600	23	61
	ст. 1/III/1	600	25	58
	ст. 1/III/1	605	23	58
	ст. 1/IV/1	572	30	66
Размагниченная труба, постоянный ток обратной полярности	ст. 2/II/1	583	23	61
	ст. 2/III/1	600	25	66
	ст. 2/III/1	588	25	58
	ст. 2/IV/1	588	23	61

Результаты испытаний образцов на статический изгиб и ударную вязкость

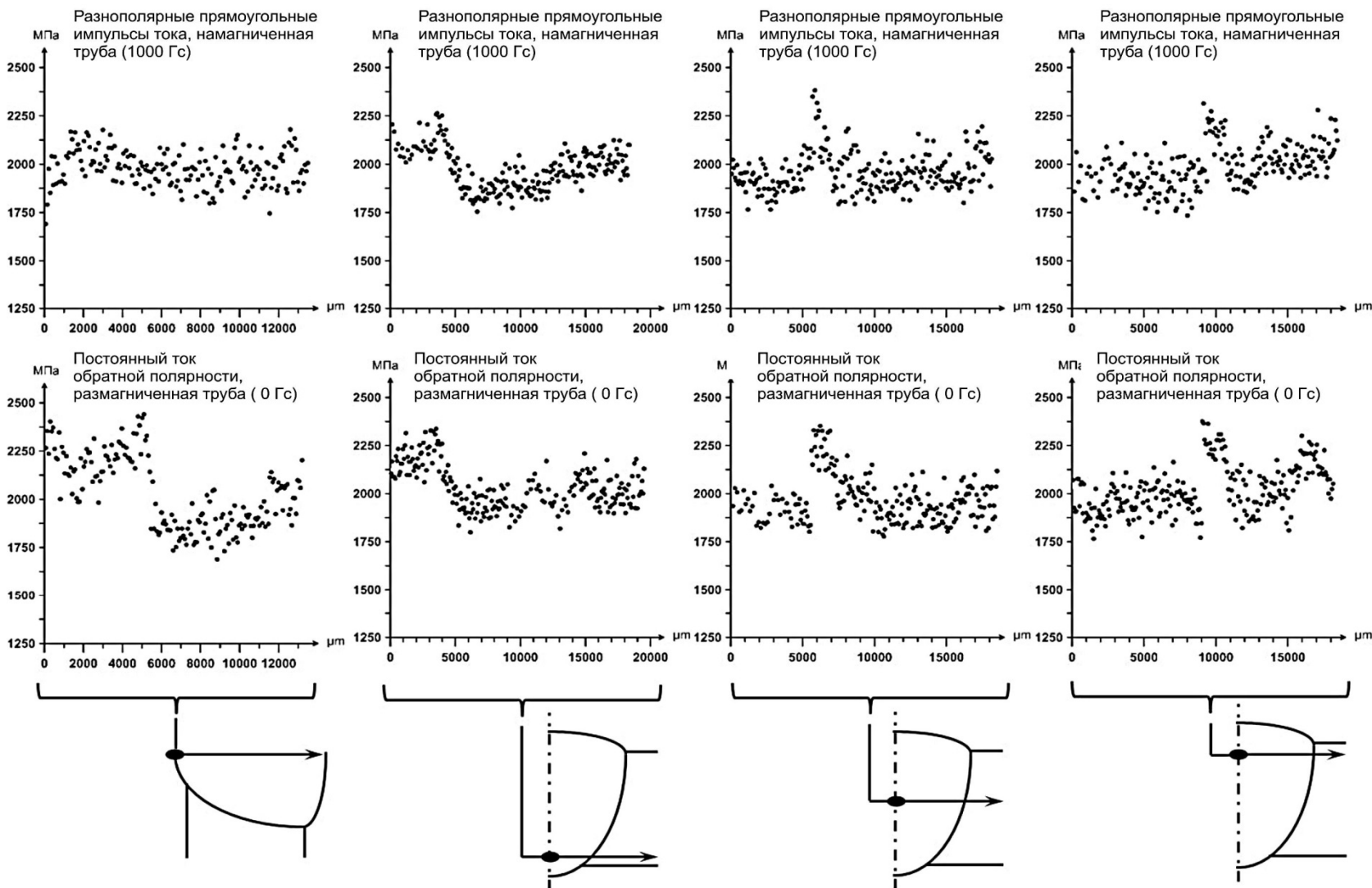
Условия сварки	Стык/ четверть	Величина угла изгиба, град. с расположением корня шва	
		Образец 2 в наружу	Образец 3 во внутрь
намагниченная труба, амплитудная модуляция разнополярных прямоугольных импульсов тока	ст. 1/I	124	133
	ст. 1/II	126	125
	ст. 1/III	127	125
	ст. 1/IV	126	124
размагниченная труба, постоянный ток обратной полярности	ст. 2/I	128	126
	ст. 2/II	128	124
	ст. 2/III	134	126
	ст. 2/IV	125	134

Условия сварки	Расположение концентратора	Стык	Четверть/ образец	KCV ^{-40°С} , Дж/см ²
намагниченная труба, амплитудная модуляция разнополярных прямоугольных импульсов тока	по оси шва	ст. 1	II/4	142
			II/4	161
			II/4	132
	по околошовной зоне		III/5	213
			III/5	128
			III/5	219
размагниченная труба, постоянный ток обратной полярности	по оси шва	ст. 2	II/4	97
			II/4	133
			II/4	118
	по околошовной зоне		III/5	118
			III/5	102
			III/5	168



а) размагниченная труба (величина индукции 0 Гс), постоянный ток обратной полярности;
б) намагниченная труба (начальная величина индукции 1000 Гс), амплитудная модуляция разнополярных импульсов тока.

Распределение микротвердости в сварных соединениях



1. Экспериментально установлено, что эффективность процесса сварки разнополярными прямоугольными импульсами тока электродами с основным типом покрытия в зоне действия магнитного поля с максимальной величиной индукции 1000 Гс повышается при амплитудной модуляции тока по разработанному алгоритму.
2. Экспериментально определено, что при амплитудной модуляции в период низкого энергетического уровня необходимо формировать стабилизирующие разнополярные импульсы тока для гарантированного проплавления в форме «замочной скважины» и активизации переноса электродного металла.
3. Предложено схемное решение транзисторного коммутатора, который обеспечивает амплитудную модуляцию разнополярных прямоугольных импульсов тока по заданному алгоритму.
4. Показано, что применение разнополярных прямоугольных импульсов тока модулированных по амплитуде при дуговой сварке покрытыми электродами позволяет получать гарантированное формирование обратного валика и качественные соединения в зоне действия магнитного поля с величиной индукции 20...1000 Гс.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Бакланов С.В., Маков Д.А.
(ООО «Газпром трансгаз Томск»),
Киселев А.С., Гордынец А.С.
(Томский политехнический университет)

Тел. ((3822)-27-20-97 город), (3-20-97 газ)

E-mail: S.V. Baklanov@gtt.gazprom.ru