

# ИССЛЕДОВАНИЕ СВАРОЧНЫХ СВОЙСТВ ИНВЕРТОРА ФОРСАЖ-302 ПРИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ СВАРКЕ

к.т.н., доцент Семистенов Д.А., к.т.н., профессор Короткова Г.М.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Тольяттинский государственный университет»

Ключевые слова: МАG-сварка, дуга, инвертор, сварочная проволока, механизм подачи проволоки

Современное развитие элементной базы электроники позволяет, по сравнению с трансформаторными, тиристорными и первыми инверторными сварочными аппаратами, сформировать вольтамперную характеристику практически любого вида. Однако определение влияния параметров данной характеристики на сварочно-технологические свойства процесса сварки представляет определенные сложности, связанные с учетом воздействия на процесс многих параметров, индивидуальных особенностей сварщика и др.

Инвертор постоянного тока Форсаж-302 представляет собой сварочный источник питания, в основу работы которого положен метод высокочастотного преобразования электрической энергии при формировании выходных вольтамперных характеристик с заданным наклоном отдельных ее участков (рис.1).

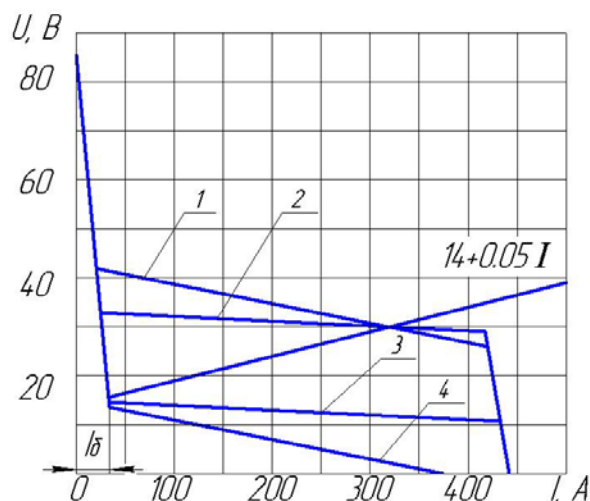


Рисунок 1 - Внешняя вольтамперная характеристика Форсаж-302 при механизированной сварке. 1, 4 -  $\partial U / \partial I = 0,04 \text{ В/А}$ ; 2, 3 -  $\partial U / \partial I = 0,01 \text{ В/А}$

При механизированной сварке инвертор позволяет изменять скорость нарастания тока короткого замыкания дугового промежутка в диапазоне 60-160 кА/с при постоянном значении спада тока, который равен 180кА/с (рис.2).

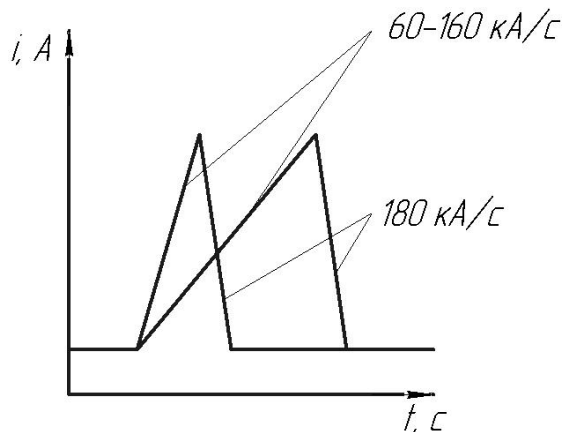


Рисунок 2 – Характеристика изменения скорости нарастание тока КЗ

Сварочный инвертор ФОРСАЖ-302 с механизмом подачи проволоки ФОРСАЖ-МП5 позволяют изменять следующие параметры:

**на инверторе Форсаж-302:**

- наклон внешней ВАХ  $\partial U / \partial I$  от 0,01 до 0,04 В/А;
- скорость нарастания тока КЗ  $di/dt$  от 60 до 160 кА/с;
- базовый ток  $I_б$  от 5 до 30 А;
- рабочее напряжение дуги  $U_д$  от 15 до 30В;

**на механизме подачи электродной проволоки Форсаж МП5:**

- скорость подачи электродной проволоки  $V_{пр}$  от 15,6 до 949,8 м/ч;
- диаметр электродной проволоки  $d = 0,8 - 1,6$  мм.

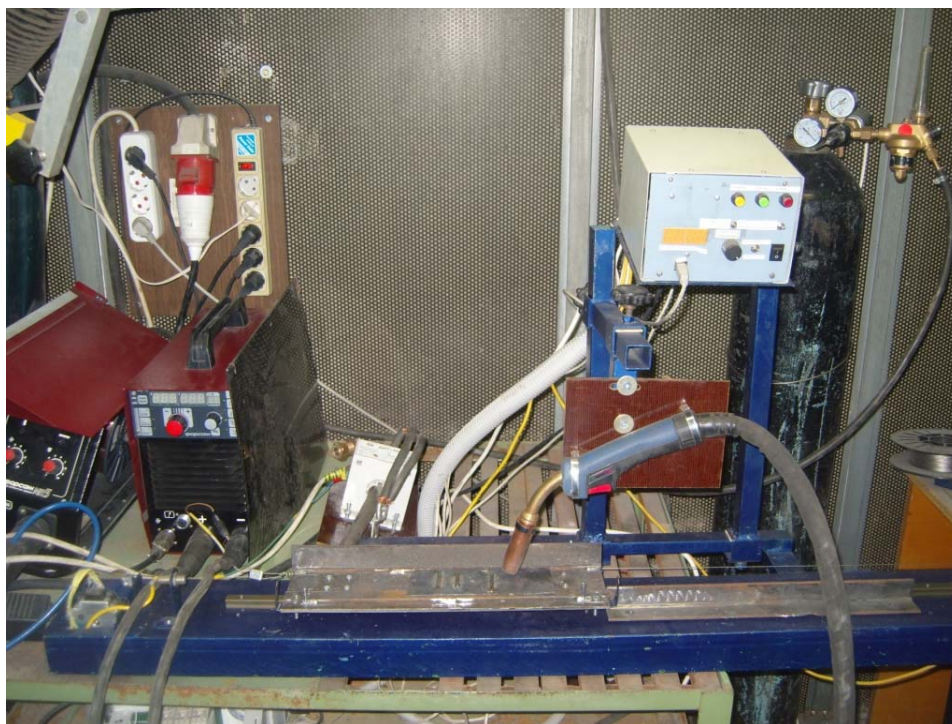
Цель данной работы – дать оценку сварочных свойств оборудования и определить оптимальные параметры режимов сварки  $U_д$ ,  $V_{пр}$ ,  $I_б$  для заданного диаметра электродной проволоки и  $\partial U / \partial I$ ,  $di/dt$ .

Исследования сварочных свойств инвертора Форсаж-302 и механизма подачи электродной проволоки Форсаж-МП5 проведены при наплавке плавящимся электродом в защитной среде  $\text{CO}_2$  на пластинах толщиной 4мм из ст.3. Для механизированной сварки в активных газах применяется омедненная проволока Св 08Г2С диаметрами 0,8, 1,0 и 1,2мм. Защитная среда - углекислый газ, расход 8-10 л/мин. Вылет электрода  $l_{\text{вылет}}=10-12\text{мм}$ . Угол наклона горелки  $\alpha=15^\circ$ . Наплавка выполнялась углом назад на обратной полярности.

Режимы наплавки выбирались с учетом рекомендаций, приведенных в работах [1-5]. При наплавке значения тока и напряжения дуги фиксируются регистратором S-Recorder-2-16bit фирмы ADClab с датчиком тока ДИТ-500-Н и напряжения ДНХ-01.

В процессе наплавки определялись размеры наплавленных валиков и показатели сварочных свойств оборудования по дифференциальному методу с балльной оценкой в соответствии с ГОСТ 25616-83 «Источники питания для дуговой сварки»: стабильность процесса сварки, разбрызгивание металла, качество формирования шва.

Сборка и сварка пластин производилась на сборочно-сварочном стенде УСПО-1М, с усилием прижатия пластин до 45кг. Скорость сварки регулировалась  $V_{\text{св}}$  от 10 до 100 м/ч (рис.3)<sup>1</sup>.



<sup>1</sup> Сварка выполнена сварщиком 5 разряда ЗАО «Механомонтаж» Пенским С.В., двукратным победителем регионального конкурса сварщиков «Лучший сварщик Средне-Волжского региона» в 2006, 2008 годах.

Рисунок 3 - Внешний вид стенда УСПО - 1 и сварочного оборудования

*Технологические исследования влияния наклона ВАХ инвертора на сварочные свойства.*

При механизированной сварке проволокой от 0,8 до 1,2мм, изменяя наклон ВАХ от 0,01 до 0,04В/А, установлено, что дуга горит спокойно при  $dU/dI=0,01В/А$ . Стабильность процесса высокая, разбрызгивание металла малое, качество формирования хорошее, валик равномерный, с плавным переходом к основному металлу (рис.4).







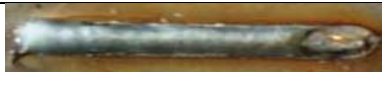
	d = 0,8мм	d = 1,0мм	d = 1,2мм
а			
б			
в			

Рисунок 4- Внешний вид образцов при изменении наклона ВАХ: а)  $dU/dI=0,01В/А$ ; б)  $dU/dI=0,025В/А$ ; в)  $dU/dI=0,04В/А$

Увеличение наклона характеристики до  $dU/dI=0,025В/А$  приводит к ухудшению формирования швов (швы неполномерные по ширине и высоте). Дополнительные исследования показывают, что при наклоне ВАХ 0.025-0.04 В/А возможно формирование качественных сварных соединений при увеличении напряжения на дуге на 1-2В по сравнению с наклоном 0,01В/А при равных токах дуги, а следовательно, эффективной мощности и проплавляющей способности дуги.

Таким образом, при МАG-сварка в среде  $CO_2$  проволокой диаметром  $d = 0,8-1,2мм$  возможно формирование качественных сварных соединений при изменении наклона ВАХ инвертора от 0,01 до 0,04 В/А.

Дальнейшие серии экспериментов проводились при наклоне внешней ВАХ 0,01В/А.

*Исследование влияния скорости нарастания тока короткого замыкания на сварочные свойства*

Изменение скорости нарастания тока короткого замыкания  $di/dt = 60 - 160$  кА/с влияет на разбрызгивания электродной проволоки. Наплавки проводились на режимах, обеспечивающих качественное формирование валика.

Результаты исследований показывают, что при  $d=1,2$ мм уменьшение скорости нарастания тока КЗ до 60-80 кА/с существенно снижет разбрызгивание металла, не ухудшая качество формирования шва.

Для проволоки диаметром 0,8мм уменьшение скорости нарастания тока до значений 60-110 кА/с позволяет снизить разбрызгивание металла.

Для проволоки диаметром 1,0 мм увеличение скорости нарастания тока свыше 110 кА/с улучшает качество формирования шва, однако такой эффект достигается увеличением напряжения дуги на 1-2В. Снижение скорости нарастания тока до 60 кА/с приводит к частичному снижению разбрызгивания и ухудшению качества формирования шва (неполномерные швы).

Проведенные исследования подтвердили связь параметров  $d_{пр}$ ,  $di/dt$ ,  $dU/dI$  с разбрызгиванием металла при сварке, высказанную авторами работы [3].

*Технологические исследования по определению оптимальных соотношений между диаметром электродной проволоки, скоростью ее подачи и напряжением на дуге.*

Проведены эксперименты по поиску оптимальных соотношений скоростей подачи электродной проволоки и напряжения на дуге при постоянном наклоне ВАХ и скорости нарастания тока КЗ. В результате исследований установлено, что наиболее качественное формирование достигается за счет оптимального соотношения напряжения на дуге и скорости подачи проволоки для каждого диаметра. При уменьшении скорости подачи проволоки ниже оптимальной снижается стабильность процесса, качество формирования и увеличивается разбрызгивание металла. При увеличении напряжения свыше оптимального также увеличивается разбрызгивание металла.

Для установленных значений наклона ВАХ и  $di/dt$  определялась оптимальная область параметров МАG-сварки с минимальным разбрызгиванием для каждого диаметра проволоки. К исследуемым параметрам режима сварки относятся  $V_{пр}$ ,  $U$ ,  $I$ .

Область устойчивого равновесия системы «инвертор-дуга» определялась по внешним ВАХ инвертора и статическим характеристикам дуги для диаметра проволоки  $d = 0,8-1,2$ мм (рис.5), при этом величина напряжения на дуге  $U_d=18-34$ В и тока дуги  $I=80-300$ А.

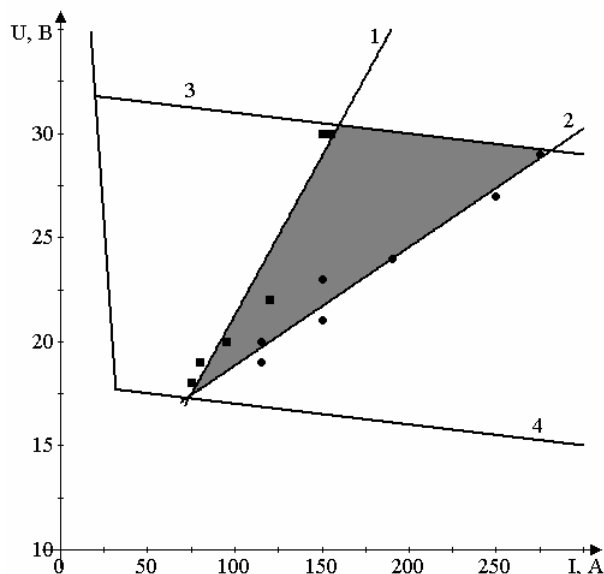


Рисунок 5 – Область устойчивого равновесия системы «инвертор-дуга» при сварке проволокой  $d = 0,8-1,2$ мм: 1, 2 -  $U_d=f(I_d)$ ; 3, 4 -  $U_i=f(I_i)$ , • -  $d = 1,2$ мм ■ -  $d = 0,8$ мм

При уменьшении диаметра проволоки влияние напряжения на дуге возрастает, однако с увеличением напряжения растет разбрызгивание.

На рис.6 приведены регулировочные характеристики  $V_{пр}=f(U_d)$  для каждого диаметра проволоки, обеспечивающие качественное формирование шва при минимальном разбрызгивании, полученные в результате исследований.

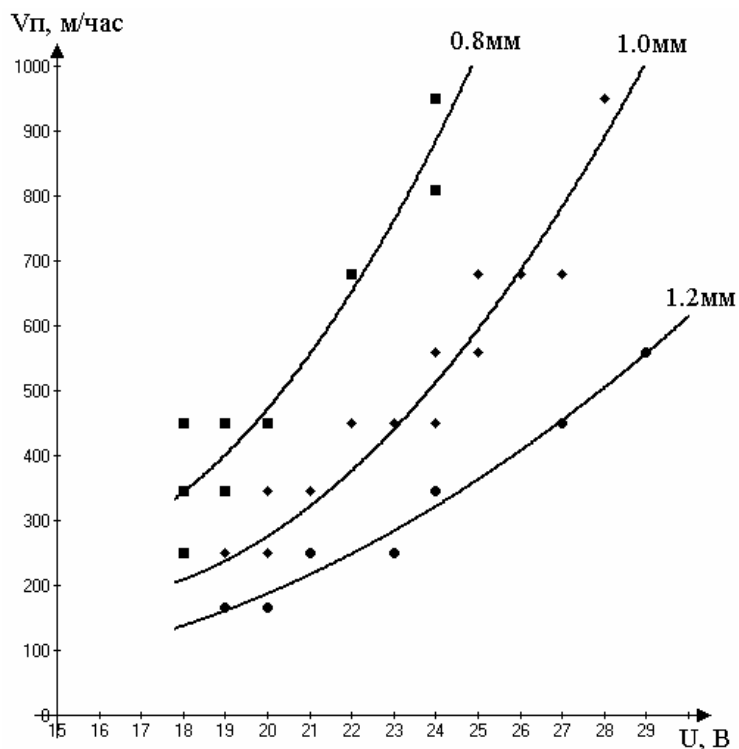


Рисунок 6 – Регулировочные характеристики

Таким образом, полученные зависимости  $U_i(I_i)$ ,  $U_d(I_d)$ ,  $V_p(U)$  позволяют для конкретных диаметров электродной проволоки установить область устойчивого равновесия системы «инвертор-дуга» и качественное формирование шва с минимальным разбрызгиванием в области параметров  $U_d=18-30В$ ,  $I_d=50-276А$ ,  $V_p=165-950$  м/час.

*Исследования влияния базового тока на сварочные свойства*

В связи с тем, что сварка образцов проволокой 0.8 мм проводится на токах от 30А, проведены эксперименты по исследованию влияния базового тока при токах сварки 30-60А (таблица 2).

Таблица 2. Результаты исследования влияния базового тока при сварке  $d_{пр}=0.8мм^*$

№№ п/п образца шва	U, В	V <sub>пр</sub> , м/ч	I <sub>б</sub> , А	I, А	e, мм	h, мм	Стаб. проц.	Разбр.мет	Кач. форм.
144	18	165	5	35-36	4	2	4,5	4,5	4
69	18	165	20	30	3	1,5	4	4,5	3
145	18	165	30	32-33	5,6	1,7	4,5	3,5	4
146	18	250	5	52-60	5,6	2,9	5	5	5

71	18	250	20	50	3,3	2,1	4	5	4
147	18	250	30	54-60	6,9	2,8	5	4,5	5

Примечание:  $dU/dI=0.01\text{В/А}$ ,  $dI/dt=110\text{кА/с}$ ,  $V_{\text{св}}=10\text{м/ч}$

Результаты исследований показали, что увеличение базового тока до 30А увеличивает разбрызгивание металла, о чем свидетельствует неравномерность коротких замыканий в процессе сварки (рис.7б). Уменьшение базового тока до 5А снижает разбрызгивание металла, при этом процесс сварки сопровождается «мягким шипением дуги», характерным для стабильного процесса сварки. Осциллограммы I и U образца 146 содержат большее количество переходов к базовому току (рис.8а) по сравнению со сваркой образца 147 при базовом токе 30А (рис.8б).

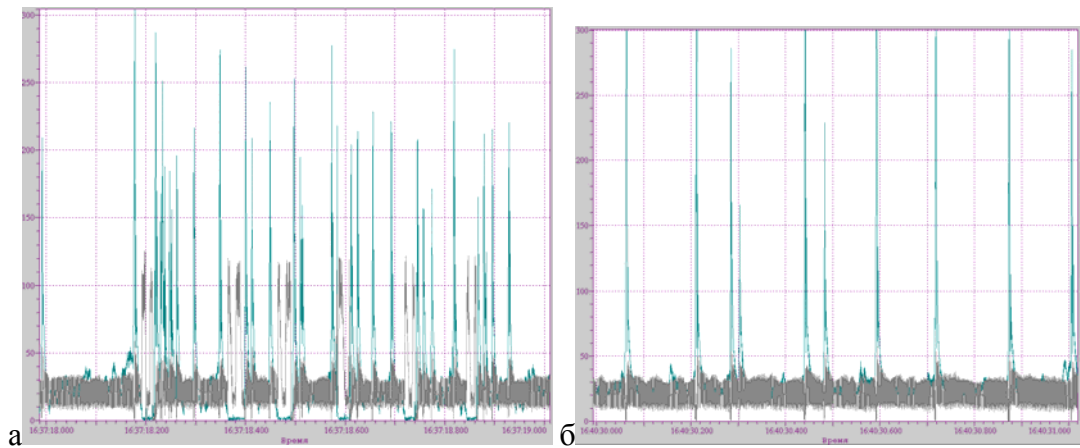


Рис.7. Осциллограммы тока и напряжения: а)  $I_b=5\text{А}$  образец 144, б)  $I_b=30\text{А}$  образец 145

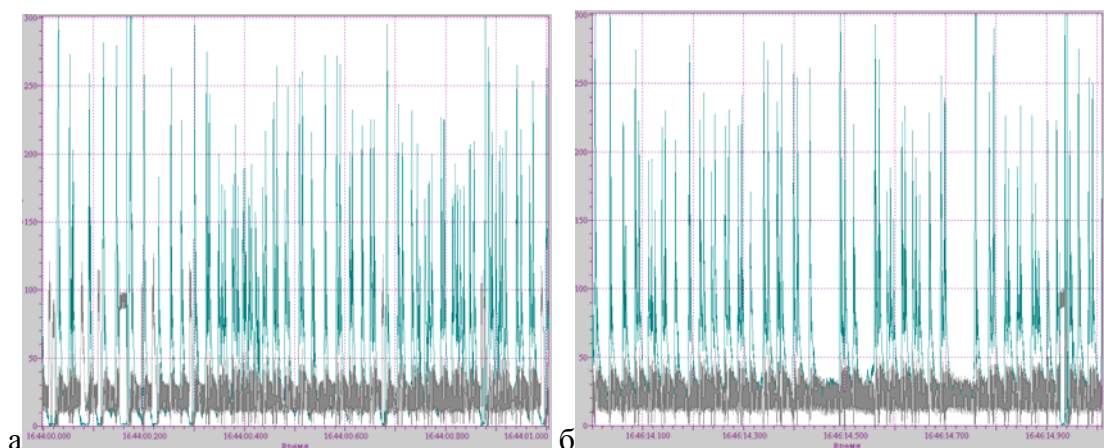


Рис.8. Осциллограммы тока и напряжения: а)  $I_b=5\text{А}$  образец 146, б)  $I_b=30\text{А}$  образец 147

Таким образом, нестабильные процессы сварки наблюдались при сварке проволокой 0,8мм на токах дуги, соизмеримых установленным с базовым током (рис.7, 8).



Результаты исследования влияния базового тока при сварке проволокой 1,0мм и 1,2мм показали, что изменение базового тока от 5 до 30А обеспечивает стабильный процесс горения дуги и качественное формирование шва. Из осциллограмм видно, что  $i(t)$  не содержат переходов к базовому току, а равномерность коротких замыканий подтверждает сделанные выводы.

Результаты проведенных исследований учтены при серийном производстве инверторов ФОРСАЖ-302, ФОРСАЖ-502 и при разработке новой модели сварочного полуавтомата ФОРСАЖ-200ПА.

#### Выводы:

1. Установлена область оптимальных параметров режима сварки ( $V_{п}$ ,  $U_{д}$ ,  $I_{д}$ ,  $dI/dt$ ) для сварочного инвертора и механизма подачи проволоки в зависимости от диаметра проволоки.
2. Регулирование наклона внешней ВАХ инвертора Форсаж-302 позволяет для проволоки заданного диаметра обеспечить стабильность процесса и качество формирования шва при минимальном разбрызгивании.
3. Оценка сварочных свойств инвертора Форсаж-302 для механизированной сварки в  $CO_2$  по дифференциальному методу выявило высокие показатели по всем параметрам в исследуемом диапазоне проволок.

## Список литературы

1. ОСТ 26-3-87. Сварка в химическом машиностроении. Основные положения.- М. : Госстандарт,1987.- 63 с.
2. ГОСТ14771-76. Дуговая сварка в защитном газе. Соединения сварные. Основные типы, конструктивные элементы и размеры. – М. : Изд-во стандартов,1976. - 80с.
3. Потапьевский А.Г. Сварка в защитных газах плавящимся электродом. – М.: Машиностроение,1974. – 239 с.
4. Глизматенко Д.Л. Сварка и резка металлов. – М.: Высшая школа,1967. – 448с.
5. Виноградов В.С. Оборудование и технология дуговой автоматической и механизированной сварки. -. М. : Высшая школа; Изд. центр «Академия», 1997. – 319с.

## Авторы

\_\_\_\_\_ Семистенов Д.А.

\_\_\_\_\_ Короткова Г.М.

## Аннотация

Приведены результаты исследования сварочных свойств инвертора Форсаж-302 при изменении его параметров  $V_{пр}$ ,  $U_d$ ,  $I_d$ ,  $dI_d/dt$ ,  $dU_d/dI_d$  для механизированной сварки.

Бирюков А. (4912) 298-474, моб.8-910-6434744