

Ю.Д. Щицын, И.Л. Синани, Д.С. Белинин, П.С. Кучев, С.Д. Неулыбин
Y.D. Shitcin, I.L. Sinani, D.S. Belinin, P.S. Kuchev, S.D. Neulybin

Пермский национальный исследовательский политехнический университет
Perm National Research Polytechnic University

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМБИНИРОВАННОЙ ПОДАЧИ ГАЗОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЛАЗМЕННЫХ ПРОЦЕССОВ

THE USE OF COMBINATION FEED GASES TO INCREASE THE THERMAL EFFICIENCY OF THE PLASMA PROCESSES

Важным тепловым параметром плазменной дуги является ее энтальпия, т.е. количество тепла, содержащееся в единице объема или массы дуги. Влияние плазмообразующего газа на тепловые характеристики плазменной дуги были широко изучены в предыдущие годы. Рассмотрено влияние защитных газов на тепловые параметры сжатой дуги.

Ключевые слова: плазма, защитные газы, тепловложение, полярность, мощность.

An important parameter of the heat of the plasma arc is its specific heat (enthalpy), ie, the amount of heat contained in a unit of volume or weight of the arc. Influence of plasma gas on the thermal characteristics of the plasma arc were extensively studied in recent years. In this paper we examine the effect of shielding gas on the thermal parameters of the compressed arc.

Keywords: plasma, shielding gases, heat input, polarity, power.

Управление теплопередачей в изделие позволяет повысить производительность и качество процессов плазменной обработки металлов. Увеличение тепловой мощности сжатой дуги за счет повышения тока ведет к повышению тепловложения в элементы плазматрона, что неблагоприятно сказывается на ресурсе плазматрона и безаварийной работе в целом. Кроме того, существует связь между величиной сварочного тока и геометрическими параметрами плазматрона – диаметром и высотой канала плазмообразующего сопла. Для определенных геометрических параметров существует свое критическое значение тока, превышение которого ведет к возникновению аварийного режима работы [1].

Важным параметром сжатой дуги является ее удельное теплосодержание (энтальпия), т.е. количество тепла, содержащееся в единице объема или массы дуги (рис. 1). Использование высокоэнтальпийных молекулярных плазмообразующих газов в энергетическом отношении более выгодно, так как они при бо-

лее низких температурах обладают той же тепловой эффективностью, что и одноатомные газы [2]. При этом уменьшаются потери тепла на излучение в стенки плазматрона и в окружающую среду. Влияние плазмообразующего газа на тепловые характеристики плазменной дуги были достаточно подробно изучены [3].

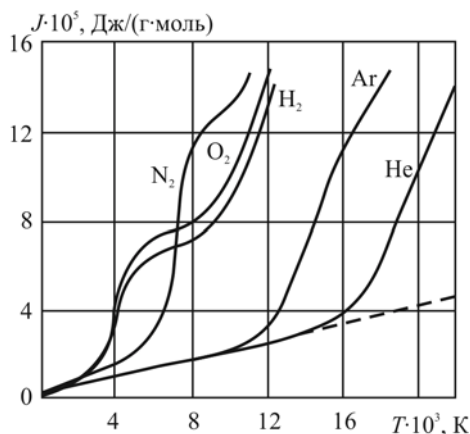


Рис. 1. Зависимость энтальпии плазмы от температуры

Защитные газы оказывают большое влияние на качество сварного соединения. Для обеспечения качества необходимо использовать защитные газы, соответствующие обрабатываемому материалу. При этом решающее значение имеют их физические свойства: энергия ионизации и диссоциации, теплопроводность, атомная масса и химическая реакционная способность. В качестве защитных газов применяют инертные и активные газы, а также их смеси.

Инертные газы обеспечивают защиту дуги и свариваемого металла, не оказывая на него металлургического воздействия. Аргон благодаря его большой атомной массе обеспечивает эффективную защиту зоны обработки. Это происходит благодаря тому, что может достигаться большая кинетическая энергия струи плазмы. Низкий потенциал ионизации обеспечивает высоковольтный высокочастотный разряд. Однако аргон имеет низкую теплопроводность и малую теплоемкость. При сварке меди целесообразно применять азот, так как по отношению к меди азот является инертным. В отношении свойств (теплопроводности, энтальпии и атомной массы) азот можно поместить между аргоном и водородом. Активные защитные газы, например углекислый газ, используют в основном для сварки конструкционных сталей, так как газ вступает в химическое взаимодействие со свариваемым металлом и растворяется в нем. Смеси газов обладают в ряде случаев лучшими технологическими свойствами, чем отдельные газы. Например, смесь аргона с углекислым газом позволяет сваривать легированные стали без выгорания легирующих компонентов, при этом уменьшается разбрызгивание и увеличивается глубина провара.

Целью данной работы являлось изучение влияния различных защитных газов на энергетические параметры плазменной дуги. Работа проводилась в следующем порядке: измеряли тепловложение в плазматрон и изделие в зависимости от величины тока дуги и вида и расхода защитного газа при работе на токе прямой и обратной полярности. Исследование тепловложения в плазматрон и изделие проводилось методом калориметрирования. Охлаждение плазматрона и изделия производилось посредством проточной воды. Для питания сжатой дуги сварочным током использовался источник питания ESAB LHF-400. В качестве защитных газов были выбраны аргон (Ar), азот (N₂), углекислый газ (CO₂). Исследования проводились при следующих параметрах:

I, A	$d_{\text{сопла}}, \text{мм}$	$Q_{\text{плазм}}, \text{л/мин}$	$Q_{\text{защ}}, \text{л/мин}$	Полярность тока
50–250	4	3,0	1,7/5,5/7	Прямая/обратная

Изменение напряжения на дуге в зависимости от используемого защитного газа представлено в таблице.

Напряжение дуги

I, A	$U_{\text{дл}}, \text{В}$					
	Прямая полярность			Обратная полярность		
	Ar	N ₂	CO ₂	Ar	N ₂	CO ₂
50	–	–	21,6	35	31,7	32,9
100	18	26,2	23	36,3	34,3	36,4
150	19,5	28	24,2	39,2	35,3	39,1
180	22,5	29,5	26,3	–	39,7	39,9

При работе в аргоне на токе обратной полярности напряжение дуги возрастает примерно в 1,7 раза по сравнению с работой на прямой полярности, соответственно возрастает и электрическая мощность дуги (см. таблицу).

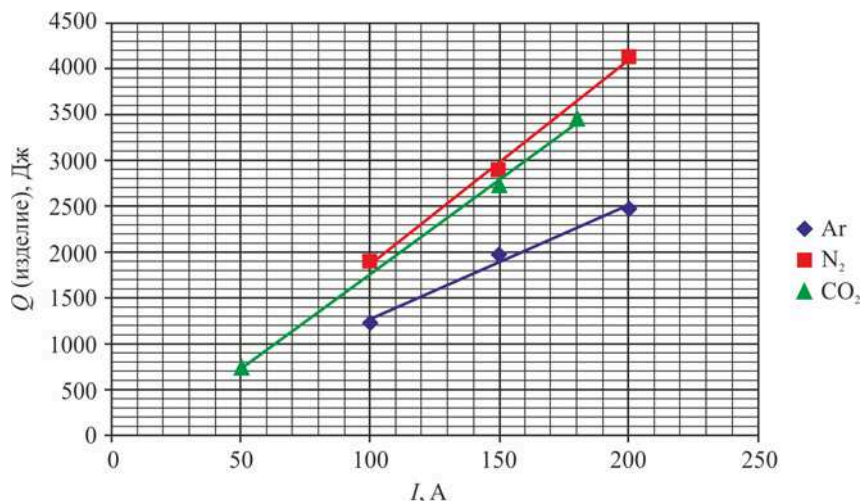


Рис. 2. Зависимость тепловложения в изделие от тока при работе на прямой полярности

При работе на токе прямой полярности наибольшее тепловложение в обрабатываемое изделие при прочих равных условиях достигается при использовании в качестве защитного газа азота (рис. 2). Использование азота и углекислого газа в качестве защитных газов обеспечивает снижение теплопередачи в плазматрон (рис. 3, 5) в 1,3–1,6 раза при работе на токах прямой и обратной полярности. Использование тока обратной полярности для всех случаев защитных газов при прочих равных условиях увеличивает тепловложение в изделие в 1,5–1,7 раза (см. рис. 2; рис. 4).

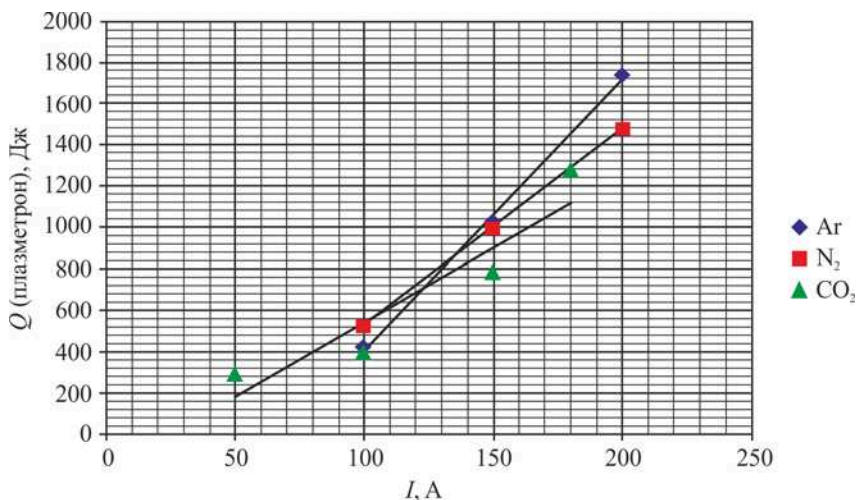


Рис. 3. Зависимость тепловложения в плазматрон от тока при работе на прямой полярности

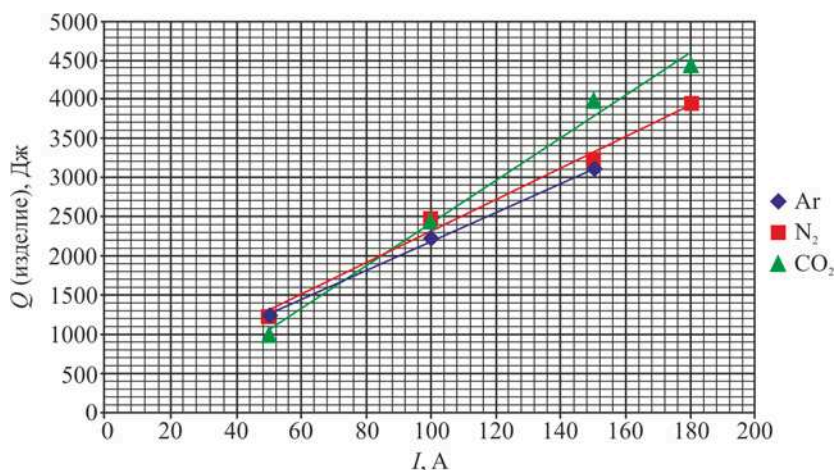


Рис. 4. Зависимость тепловложения в изделие от тока при работе на обратной полярности

Использование азота и углекислого газа позволяет повысить тепловложение в изделие в области больших токов примерно в 1,7 раза по сравнению с аргоном при работе на токе обратной полярности (см. рис. 4). Тепловложение в плазматрон при работе на обратной полярности выше примерно в 1,4 раза по сравнению с работой на прямой для всех случаев защитных газов (см. рис. 5).

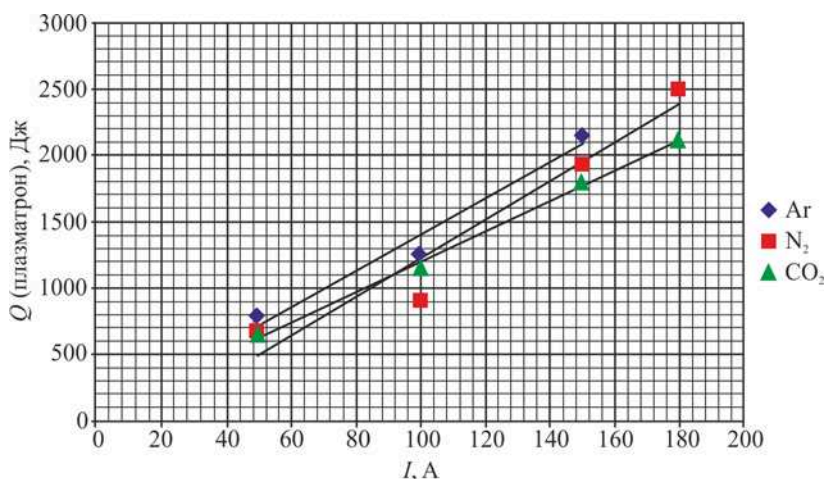


Рис. 5. Зависимость тепловложения в плазматрон от тока при работе на обратной полярности

При использовании углекислого газа и азота в качестве защитных газов снижаются тепловые потери в окружающую среду.

Сделаем следующие выводы:

1. Установлено, что при работе на токе обратной полярности при прочих равных условиях тепловложение в изделие возрастает примерно в 1,3–1,5 раза, однако увеличение тепловой нагрузки на плазматрон снижает КПД процесса.

2. При одинаковом токе дуги наибольшее напряжение на дуге достигается при использовании в качестве защитного газа азота, это влияет на электрическую мощность дуги, а следовательно, на тепловую мощность. Наименьшее напряжение достигается при использовании в качестве защитного газа аргона.

3. При использовании высокоэнтальпийных газов – азота и углекислого газа, тепловложение в плазматрон уменьшается в 1,2–1,5 раза.

4. Использование комбинированной подачи инертного плазмообразующего газа и активного защитного позволяет повысить тепловую эффективность процесса. Однако при выборе технологии следует учитывать технологические особенности плазменной обработки и химическую активность металлов.

Список литературы

1. Щицын Ю.Д. Плазменные технологии в сварочном производстве. Ч. 1: учеб. пособие / Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2004. – 73 с.
2. Малаховский В.А. Плазменные процессы в сварочном производстве: учеб. пособие для сред. ПТУ. – М.: Высшая школа, 1988. – 72 с.
3. Пузряков А.Ф. Теоретические основы технологии плазменного напыления: учеб. пособие для вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – 358 с.

Получено 15.02.2013

Щицын Юрий Дмитриевич – доктор технических наук, профессор, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: svarka@pstu.ru).

Синани Игорь Лазаревич – доктор технических наук, профессор, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: svarka@pstu.ru).

Белинин Дмитрий Сергеевич – ассистент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: 5ly87@mail.ru).

Кучев Павел Сергеевич – ассистент, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: kuchev.p@gmail.com).

Неулыбин Сергей Дмитриевич – инженер, Пермский национальный исследовательский политехнический университет (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: sn-1991@mail.ru).

Shitsyn Yuri Dmitrievich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: svarka@pstu.ru).

Sinani Igor Lazarevich – Doctor of Technical Sciences, Professor, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail:svarka@pstu.ru).

Belinin Dmitry Sergeevich – Assistant, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: 51y87@mail.ru).

Kuchev Pavel Sergeevich – Assistant, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: kuchev.p@gmail.com).

Neulybin Sergey Dmitrievich – Engineer, Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, Komsomolsky av., 29, e-mail: sn-1991@mail.ru).