



ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ НАПЛАВКИ В СРЕДЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА

А. В. Сумманен

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

В данной статье рассмотрены вопросы механизированной наплавки в среде углекислого газа. Представлена методика расчета параметров для осуществления механизированной наплавки в среде углекислого газа: представлены таблицы для выбора параметров и формулы для расчета а именно: средние значения припусков на точение валов, средние значения припусков на шлифование валов, выбор диаметра электродной проволоки, пределы изменения параметров режима наплавки, сила сварочного тока и соответствующее напряжение дуги, вылет электрода, расход углекислого газа, внутренний диаметр спирали для подвода проволоки в зависимости от диаметра электродной проволоки.

Ключевые слова: Методика, наплавка, углекислый газ.

Для цитирования:

Сумманен А. В. Особенности механизированной наплавки в среде углекислого газа // Системный анализ и логистика: журнал.: выпуск №1(31), ISSN 2007-5687. – СПб.: ГВАП., 2022 – с.97-104. РИНЦ. DOI: 10.31799/2077-5687-2022-1-97-104.

FEATURES OF MECHANIZED SURFACE IN CARBON DIOXIDE ENVIRONMENT

A. V. Summanen

St. Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

This article discusses the issues of mechanized surfacing in a carbon dioxide environment. A method for calculating the parameters for mechanized surfacing in a carbon dioxide environment is presented: tables are presented for selecting parameters and formulas for calculating, namely: average values of allowances for turning shafts, average values of allowances for grinding shafts, selection of the electrode wire diameter, limits for changing the parameters of the surfacing mode, welding current strength and corresponding arc voltage, electrode reach, carbon dioxide consumption, internal diameter of the wire feed spiral depending on the diameter of the electrode wire.

Keywords: Method, surfacing, carbon dioxide.

For citation:

Summanen A. V. Features of mechanized surface in carbon dioxide environment // System analysis and logistics.: №1(31), ISSN 2007–5687. – Russia, Saint-Petersburg.: SUAI., 2022 –p 97-104. DOI: 10.31799/2077-5687-2022-1-97-104.

Введение

Механизированная наплавка в углекислом газе (CO₂) является одним из наиболее доступных и эффективных способов наращивания поверхностей изношенных деталей.

В зону горения дуги под небольшим давлением подают газ, который вытесняет воздух из этой зоны и защищает расплавленный металл от воздействия кислорода и азота воздуха.

Схема механизированной наплавки в углекислом газе представлена на рисунке 1.

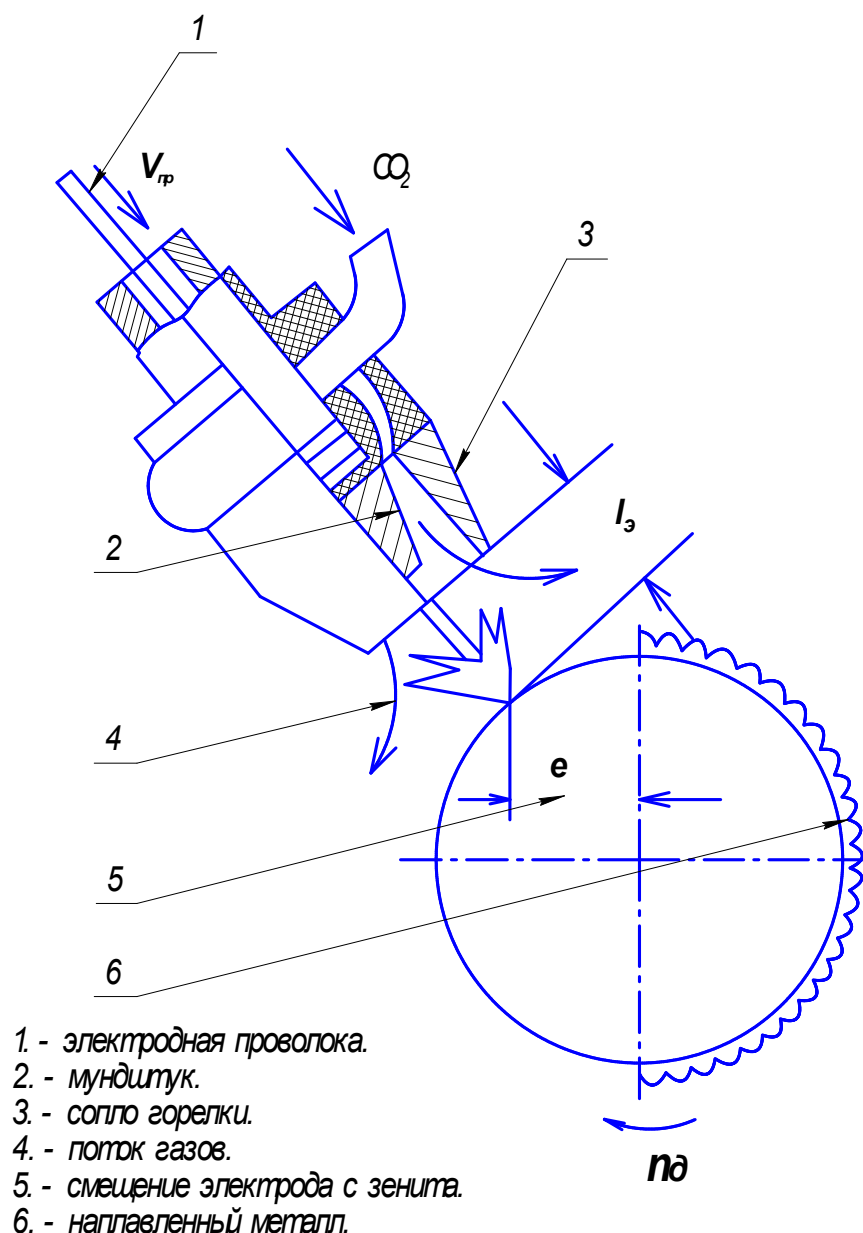


Рис. 1. Схема наплавки в среде углекислого газа

Схема установки для полуавтоматической наплавки в среде углекислого газа (диоксида углерода) показана на рис. 2.

Установка имеет в своем составе газовую аппаратуру, механизм подачи проволоки и источник питания. Газовая аппаратура состоит из баллона с газом 1 и установленных на нем электрического подогревателя газа 3, газового редуктора 4, осушителя 2, а также шлангов, подающих газ к держателю или наплавочной головке.

Рабочее давление газа — 0,05—0,2 МПа, расход газа при наплавке — 13—16 л/мин.

Наплавка в углекислом газе ведется на постоянном токе при обратной полярности. Для питания установки постоянным током применяют источники тока с жесткой характеристикой — выпрямители моделей ВДГ-303, ВДУ-505, ВДУ-506 и др. Рабочее напряжение при сварке тонколистовых конструкций и наплавке изношенных деталей небольшого диаметра находится в пределах 17—22 В при диаметре проволоки 0,5—1,2 мм и в пределах 23—28 В при диаметре проволоки 1,2—2,0 мм. Плотность тока — 150—200 А на 1 мм² площади сечения электрода [1].

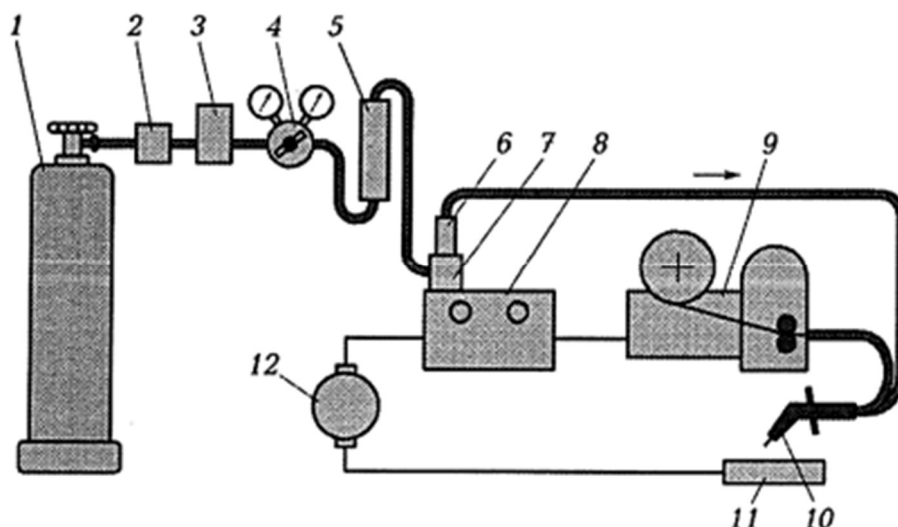


Рис. 2. Схема установки для полуавтоматической сварки и наплавки в среде углекислого газа (диоксида углерода):

На рисунке 2:

- 1 — баллон с углекислым газом (диоксидом углерода);
- 2 — осушитель;
- 3 — подогреватель газа;
- 4 — газовый редуктор;
- 5 — расходомер газа;
- 6 — регулятор давления газа;
- 7 — электромагнитный клапан;
- 8 — аппаратный ящик;
- 9 — механизм подачи наплавочного материала (проволоки);
- 10 — держатель (горелка);
- 11 — восстанавливаемая деталь;
- 12 — источник тока [1]

Выбор условий наплавки восстанавливаемых деталей

Исходя из условий работы восстанавливаемой детали, а также материала, термообработки и твердости наращиваемой поверхности, задаться химическим составом и твердостью наплавленного металла с учетом его последующего упрочнения (если в этом есть необходимость). Опираясь на эти данные, выбрать марку наплавочной проволоки, принимая также во внимание то, что в процессе наплавки металл электродной проволоки смешивается с расплавленным металлом поверхности детали (основным металлом). Поэтому химический состав и структура наплавленного металла зависят не только от электродной проволоки, но и от химического состава основного металла, режима наплавки и условий охлаждения расплавленного металла, где главным является масса детали и месторасположение наплавляемой ее поверхности.

Определить максимальный односторонний износ (I^* , мм) наращиваемой цилиндрической поверхности детали. Его допустимо рассчитать по формуле:

$$I^* = \rho \cdot I, \quad (1)$$

где I - износ восстанавливаемой поверхности; ρ - коэффициент неравномерности износа, который для шеек валов, сопрягаемых с подшипниками качения, принимают равным - 0,6; для шеек коленчатых валов - 0,7; для деталей, подверженных одностороннему действию нагрузки - 0,9.



Таблица 1 – Средние значения припусков на точение валов (мм на диаметр)

Вид точения и длина вала, мм	Номинальный диаметр, мм					
	до 30	30...50	50...80	80...120	120...180	180...260
1. Черновое до 120	1,3/1,1	1,3/1,1	1,5/1,1	1,8/1,2	2,0/1,3	2,3/1,4
120...260	1,7/ -	1,6/1,4	1,7/1,5	1,9/1,3	2,1/1,4	2,4/1,5
260...500		2,2/ -	2,3/2,1	2,1/1,7	2,3/1,8	2, 6/18
500...800	-	-	3,1/ -	2,6/2,3	2,7/2,3	2,9/2,4
800...1250	-	-	-	3,4/ -	3,5/3,2	3,6/3,2
2. Получистовое до 120	0,45/0,45	0,45/0,45	0,45/0,45	0,50/0,45	0,50/0,45	0,50/0,45
120...260	0,50/ -	0,45/0,45	0,50/0,45	0,50/0,45	0,50/0,45	0,50/0,45
260...500	-	0,50/ -	0,50/3,50	0,33/0,50	0,50/0,90	0,50/0,50
500...800		-	0,55/-	0,50/0,50	0,50/0,90	0,55/0,50
800...1250	-	-	-	0,55/ -	0,60/0,55	0,60/0,55
3. Чистовое до 120	0,25/0,20	0,25/0,20	0,25/0,20	0,25/0,25	0,30/0,25	0,30/0,25
120...260	0,25/ -	0,25/0,25	0,30/0,25	0,25/0,25	0,30/0,25	0,30/0,25
260...500	-	0,30/ -	0,30/0,30	0,30/0,25	0,30/0,25	0,30/0,25
500...800	-	-	0,35/ -	0,30/0,30	0,30/0,30	0,30/0,30
800...1250	-	-	-	0,35/ -	0,35/0,30	0,35/0,35
4. Тонкое до 120	0,13/0,12	0,13/0,12	0,13/0,12	0,15/0,12	0,16/0,13	0,17/0,13
120...260	0,15/ -	0,14/0,13	0,14/0,13	0,15/0,13	0,16/0,13	0,17/0,14
260...500	-	0,16/ -	0,18/0,16	0,16/0,14	0,17/0,15	0,18/0,15
500...800	-	-	0,20/ -	0,18/0,17	0,18/0,17	0,19/0,17
800...1250	-	-	-	0,20/ -	0,21/0,20	0,22/0,20

Примечания:

1. Припуски в числителе указаны при установке заготовки в центрах, в знаменателе - в патроне.

2. Величины припусков на обработку конических поверхностей принимать те же, что и цилиндрических, устанавливая их по наибольшему диаметру.

Назначить величину одностороннего припуска (X , мм) на последующую механическую обработку наплавленной поверхности, зависящую от вида механической обработки, требуемой точности размеров, режима наплавки и диаметра использованной электродной проволоки. Так, с уменьшением диаметра проволоки и шага наплавки уменьшается и припуск на механическую обработку. При назначении припуска можно ориентироваться на данные табл. 1 и 2.



Определить толщину наращиваемого слоя расчетом по формуле:

$$h_{cl} = I^* + X \quad (2)$$

Таблица 2 - Средние значения припусков на шлифование валов (мм на диаметр)

Номинальный диаметр, мм	Длина вала, мм					
	до 120	120...260	260...500	500...800	800... 1250	1250...2000
До 30	0,30	0,60	-	-	-	-
30... 50	0,25	0,50	0,85	-	-	-
50. ...80	0,25	0,40	0,75	1,20	-	-
80...120	0,20	0,35	0,65	1,00	1,55	-
120...180	0,17	0,30	0,55	0,85	1,30	2,10

Примечания:

1. Даны припуски на предварительное шлифование после термообработки. Припуск на предварительное шлифование после чистового точения во всех случаях - 0,10 мм (при бесцентровом шлифовании - 0,08 мм). Припуск на чистовое шлифование (после предварительного) - 0,06 мм.
2. Если величина припуска при шлифовании не может быть снята за 1 проход, то 70% его удаляют на первом и 30% на втором проходах.
3. Припуски на шлифование конических поверхностей принимать те же, что и на обработку цилиндрических, устанавливая их по наибольшему диаметру.

Выбрать диаметр электродной проволоки ($d_э$, мм) в зависимости от диаметра наплавляемой поверхности (D , мм), руководствуясь данными табл.3.

Таблица 3 – Выбор диаметра электродной проволоки

D, мм	10...30	30...40	40...60	50...70	70...90	90
$d_э$, мм	0,8...1,0	1,0... 1,4	1,0...1,6	1,4...1,8	1,6...2,0	1,8...3,0

Выбрать значения скорости (V_n , м/ч) и шага (S , мм/об) наплавки, ориентируясь на данные табл.4 и имея в виду, что наплавку деталей с износом до 0,5 мм целесообразно осуществлять на максимально возможной скорости, с износом 0,5...1,0 мм - на 30...50% меньшей скорости, с износом 1,0...2,0 мм - дополнительно уменьшить скорость на 20...30%. При этом со снижением скорости шаг наплавки следует увеличивать, но таким образом, чтобы произведение значений этих параметров уменьшалось.

Таблица 4 - Пределы изменения параметров режима наплавки V_n и S

V_n м/ч	S , мм/об в зависимости от $d_э$, мм			
	$d_э = 1,0$	$d_э = 1,6$	$d_э = 2,0$	$d_э = 3,0$
20... 70	1,5...2,5	2,75...4,0	3,0...5,0	4,5...7,5

При полном износе детали до 3,0...4,0 мм целесообразно применять однослойную наплавку. При большем износе переходить на двухслойную, трехслойную и т. д.



При назначении скорости широкослойной наплавки, реализуемой за счет поперечных колебаний электрода и отключения непрерывной продольной подачи надо обеспечивать равенство двух следующих произведений

Частоту вращения (n_g , мин⁻¹) наплавляемой детали рассчитать по формуле:

$$n_g = 5,31 \cdot \frac{V_n}{D} \quad (5)$$

где V_n - в м/ч; D - в мм.

Определить скорость подачи электродной проволоки (V_{np} , м/мин) по формуле:

$$V_{np} = \frac{1,2 \cdot V_n \cdot n_{cl} \cdot S \cdot \gamma_m}{47 \cdot d_{\text{э}}^2 \cdot (1 - \psi_p) \cdot \gamma_{np}}, \quad (6)$$

где $1,2$ – коэффициент учитывающий неровности наплавленной поверхности; γ_m , γ_{np} – соответственно плотность наплавленного металла и использованной электродной проволоки. При сплошной проволоке $\gamma_m = \gamma_{np} = 7,8$ г/см³, при порошковой принять $\gamma_{np} = 6,5$ г/см³; ψ_p – потери электродного металла на угар и разбрызгивание. Обычно $\psi_p = 0,06 \dots 0,10$.

Выбрать силу сварочного тока и соответствующее напряжение дуги, пользуясь данными табл.5.

Таблица 5 – Сила сварочного тока и соответствующее напряжение дуги

V_{np} , м/мин ($d_{\text{э}}=1,6$ мм)	$I_{св}$, А	$U_{д}$, В	V_{np} м/мин ($d_{\text{э}}=1,6$ мм)	$I_{св}$, А	$U_{д}$, В
1,9	145	19,0	3,1	220	23,0
2,1	160	20,5	3,5	240	24,5
2,4	185	21,0	3,9	270	26,0
2,7	200	21,5	-	-	-

Для использования табл. 5 в случае применения электродной проволоки другого (не равного 1,6 мм) диаметра необходимо произвести перерасчет скорости ее подачи по формуле:

$$V_{np1,6} = \frac{V_{np}^* \cdot d_{\text{э}}^2}{2,56}, \quad (7)$$

где V_{np}^* , $d_{\text{э}}$ - скорость подачи и диаметр применяемой электродной проволоки.

Внутренний диаметр спирали для подвода электродной проволоки, вылет электрода и расход СО₂ выбрать в зависимости от диаметра электродной проволоки, используя данные табл.6.

Таблица 6 - Вылет электрода, расход углекислого газа, внутренний диаметр спирали для подвода проволоки в зависимости от диаметра электродной проволоки

Диаметр электродной проволоки, мм	Вылет электрода, мм	Расход углекислого газа, л/мин	Внутренний диаметр спирали для подвода проволоки, мм
0,5...0,8	7...10	6...8	1,0...2,0
1,0...1,4	8...15	8...10	1,6...2,5
1,6...2,0	15...25	10...15	2,2...4,0
2,5...3,0	18...30	14...18	3,0...5,0

Следует иметь в виду, что вылет электрода ($L_{\text{э}}$, мм) обычно определяют по



зависимости:

$$L_9 = (10...15) \cdot d_9, \quad (8)$$

Смещение электрода с зенита (e , мм) устанавливают в пределах 2...25 мм, с учетом скорости наплавки, напряжения дуги и силы сварочного тока. Целесообразно стремиться сделать смещение с зенита возможно большим, но не допуская подтеков металла сварочной ванны.

Рассчитать основное время наплавки (T_o , мин) наращиваемой поверхности по формуле:

$$T_o = \frac{(l_n \cdot i)}{(n_g \cdot i)}, \quad (9)$$

где l_n - длина наплавки, мм.; i - число наплавляемых слоев.

На ряде предприятий для восстановления деталей машин используют автоматическую наплавку в среде углекислого газа с направленным охлаждением. Сущность способа заключается в том, что на наплавленный в среде углекислого газа металл (температура его должна быть равна или выше температуры закалки) подается охлаждающая жидкость (5%-ный раствор кальцинированной соды в воде), которая обеспечивает закалку нанесенного слоя. Изменяя место подвода охлаждающей жидкости в зависимости от химического состава электродной проволоки, можно регулировать твердость наплавленного металла в пределах 27 – 51,5 HRC (без дополнительной термообработки) [11].

Наплавка в среде углекислого газа занимает ведущее место среди других способов наплавки. Это объясняется ее существенными преимуществами: хорошее формирование шва (наплавленный металл плотный); интенсивный отвод тепла из зоны сварки (деталь нагревается незначительно, что обеспечивает возможность наплавки тонкостенных и нежестких изделий без деформации и разрушения); высокая производительность процесса в связи с отсутствием потерь тепла на плавление флюса (на 25 – 30 % выше, чем при наплавке под флюсом); экономичность, простота конструкции оборудования; отсутствие необходимости удаления шлаковой корки, дестабилизирующей горение дуги.

Недостатками технологии наплавки в среде CO_2 являются разбрызгивание металла, сравнительно низкие твердость и износостойкость наплавки, так как легирование наплавляемого металла через флюс не имеет места; окисляющее действие CO_2 требует применения специальной проволоки, легированной кремнием и марганцем; необходимость транспортировки баллона с CO_2 ; необходимость защиты сварщика от излучения электрической дуги.

Разбрызгивание электродного металла можно устранить, если добиться струйного переноса электродных капель. При сварке в углекислом газе это возможно только при значительных плотностях тока, что затрудняет проведение сварочных работ и не обеспечивает надежного управления процессом. Снизить потери электродного металла возможно следующими способами:

- использование источников питания инверторного типа
- применение активированных сварочных проволок и с дополнительным легированием редкоземельными элементами
- использования в качестве защитной среды смеси газов на основе аргона [12].

Заключение

По данной методике можно провести расчет и выбор режимов механизированной наплавки в среде углекислого газа.



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Черноиванов В. И., Голубев И. Г. Восстановление деталей машин. – М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2010. – 376с.
2. Мигачев В. А. Технологические процессы технического обслуживания, ремонта и диагностики автомобилей: сборник лабораторных работ. Ч. 2. /В. А. Мигачев. – Ульяновск: УлГТУ, 2009. – 48 с.
3. Воловик. Е. Л. Справочник по восстановлению деталей-М.: Колос, 1981. с.62...64, 254...268, 287...342.
4. Черноиванов В. И., Андреев В. П. Восстановление деталей сельскохозяйственных машин.- М.: Колос, 1983, с. 287.
5. Степанов В. А., Бабусенко С. М. Современные способы ремонта машин - М.: Колос, 1977, с.110...139.
6. ГОСТ 10543 - 82. Проволока стальная наплавочная. Технические условия.
7. ГОСТ 9087 - 81. Флюсы сварочные плавные.
8. РТМ 70.0009.82. Технологические режимы дуговой наплавки в углекислом газе типовых поверхностей изношенных деталей, - М.: ГосНИТИ, 1982.
9. Пюльзю А. П. Методические указания по оформлению документов на технологические процессы при курсовом и дипломном проектировании. – Л.: ЛСХИ, 1988 г.
10. Электродуговая наплавка в среде защитных газов [Электронный ресурс]. URL: https://bstudy.net/786059/tehnika/elektrodugovaya_naplavka_srede_zaschitnyh_gazov (дата обращения: 08.03.2022).
11. Наплавка в среде углекислого газа [Электронный ресурс]. URL: https://studopedia.su/15_184664_naplavka-v-srede-uglekislogo-gaza.html (дата обращения: 08.03.2022).
12. Сварка и сварщик [Электронный ресурс]. URL: <https://weldering.com/svarochnye-smesi-byvayut-argona-uglekislogo-gaza> (дата обращения: 08.03.2022).

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Сумманен Александр Викторович –

Доцент кафедры системного анализа и логистики

Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения

190000, Санкт-Петербург, ул. Большая Морская, д. 67, лит. А

E-mail: 89215728754@mail.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Summanen Alexander Viktorovich –

Associate Professor of the Department of Systems Analysis and Logistics

Saint Petersburg State University of Aerospace Instrumentation

190000, St. Petersburg, st. Bolshaya Morskaya, 67, lit. A

E-mail: 89215728754@mail.ru