



## ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ВЫБОРА СПОСОБОВ СВАРКИ И ВЕНТИЛЯЦИИ

А. А. МАЗУР, канд. экон. наук, С. В. ЗАЯЦ, инж. (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Приведены данные о затратах при дуговой сварке, структуре этих затрат, а также данные о затратах на вентиляцию сварочного цеха и т. д.

*Ключевые слова:* дуговая сварка, фильтровентиляционные агрегаты, вентиляция, экономические факторы, затраты

В условиях современной рыночной экономики перед производителями сварных конструкций стоит задача обеспечения высокого качества и снижения затрат на производство продукции, ее конкурентоспособности. С технологической точки зрения во многих случаях одну и ту же задачу получения качественных сварных соединений можно решить с помощью различных способов сварки. При этом решение об использовании того или иного способа следует принимать с учетом всего комплекса затрат как на сварку, так и на обеспечение требуемых условий труда сварщиков. Однако до настоящего времени затраты на создание требуемых условий труда, являющиеся неотъемлемой составной частью затрат при сварке, учитываются не непосредственно

в основных затратах (технологическая себестоимость), а по другим статьям (цеховые и заводские накладные расходы, охрана труда, соцстрах и пр.). Это не позволяет дать объективную экономическую оценку различных способов сварки с учетом затрат на предотвращение их вредного воздействия на окружающую среду и человека [1].

В табл. 1 приведены данные о затратах (технологической себестоимости) при основных видах дуговой сварки низкоуглеродистых сталей на 1 кг наплавленного металла и 1 м углового шва катетом 8 мм с учетом цен и тарифов. Как видно из табл. 2, значительная доля при механизированных способах сварки приходится на сварочные материалы и вентиляцию, а при ручной — на зарплату, сварочные материалы и вентиляцию.

Наиболее значительный выигрыш по производительности процесса, качеству сварного шва, санитарно-гигиеническим условиям труда и сумме затрат в целом производитель получает при использовании технологии и оборудования для автоматической сварки под флюсом. Это следует принимать во внимание при выборе технологии сварки, поскольку в последнее время доля этого высокопроизводительного, экологически чистого процесса, обеспечивающего высокое качество сварных соединений, заметно уменьшилась в общем объеме применения дуговых способов сварки. Далее следуют механизированные способы сварки в углекислом газе, смесях аргона (что во многом зависит от стоимости самого аргона), порошковыми проволоками и ручная дуговая сварка покрытыми электродами. При выборе сварочных материалов следует отдавать предпочтение (если это допускает технология и требования к качеству шва) проволокам с минимальным содержанием марганца и хрома. При дуговой сварке электродами и порошковыми проволоками по возможности следует выбирать электроды и проволоки, не имеющие фтористо-кальциевого наполнителя, что значительно снижает выделение высокотоксичных фторидных соединений. При этом уменьшаются объемы вентиляции и затраты на ее обеспечение.

**Таблица 1. Затраты при дуговой сварке, грн., по состоянию на 25.02.2002 г.**

Способ сварки	Сварочные материалы и их диаметр, мм	Сварочный ток, А	Затраты на 1 кг наплавленного металла	Затраты на 1 м углового шва (катет 8 мм)
Автоматическая под флюсом	Св-08, 4,0	800	5,47	1,30
Механизированная в CO <sub>2</sub>	Св-08Г2С, 1,2	250	9,76	2,64
Ручная дуговая электродами	АНО-4, 4,0	210	12,12	3,85
	УОНИ-13/45, 4,0	160	13,59	4,31

**Таблица 2. Структура затрат при дуговой сварке, %**

Статья затрат	Автоматическая под флюсом	Механизированная в CO <sub>2</sub>	Ручная	
			электродами АНО-4	электродами УОНИ-13/45
Зарплата с начислениями	12,3	28,8	50,9	58,0
Электроды, проволока	37,4	31,1	32,9	27,1
Флюс, газ	23,8	24,2	—	—
Электроэнергия	11,6	3,8	5,0	3,9
Ремонт, амортизация оборудования	15,9	12,1	11,2	11,0
Затраты на сварку, всего	100,0	100,0	100,0	100,0
Затраты на общеобменную вентиляцию (в % к затратам на сварку)	2,6	25,7	28,2	61,9

Таблица 3. Техничко-экономические показатели вариантов вентиляции, %

Вариант вентиляции	Капитальные вложения	Текущие расходы	Энергоемкость	Срок окупаемости, лет
Общеобменная (базовая)	100	100	100	—
Переносные ФВА с эжекторным побудителем	167	80	45	1,40
Переносные ФВА с электромеханическим побудителем	134	50	35	0,45
Передвижные и стационарные ФВА типа «хобот слона»	238	48	38	0,76
Централизованная вакуумная система с турбовоздуховкой	100	44	53	0,30

Примечание. Цех на 20 постов механизированной сварки в углекислом газе проволокой Св-08Г2С диаметром 1,2 мм на токе 250 А. Работу выполняли в одну смену в климатических условиях Киева.

Получение требуемой чистоты воздушной среды в сборочно-сварочных цехах и на участках сварки представляет собой сложную комплексную проблему. Борьба с вредным воздействием сварочных аэрозолей (СА), как показывает мировой опыт, должна вестись по пяти тесно увязанным направлениям: технологическому, санитарно-техническому, гигиеническому, организационному и экономическому [2]. К технологическому направлению относится замена ручных способов сварки механизированными и автоматизированными, внедрение безлюдных технологий (роботизация и комплексная механизация производства), применение малотоксичных сварочных материалов. Основой санитарно-технического направления является максимально возможное улавливание и нейтрализация вредных веществ путем использования высокоэффективной местной и встроенной вентиляции, средств индивидуальной и коллективной защиты, оперативных методов контроля производственной и окружающей среды. Гигиеническое направление включает углубленное исследование медицинских аспектов проблемы, совершенствование психофизиологических критериев профессионального отбора, способов ранней диагностики, профилактики и лечения профзаболеваний у сварщиков. Организационное направление заключается в рациональной организации производства сварочных работ, рассредоточении их в пространстве и времени во избежание залповых выбросов СА. Реализация экономического направления состоит в совершенствовании системы экономических рычагов, в том числе штрафов за вредные выбросы в атмосферу, системы льгот для сварщиков и их пенсионного обеспечения.

Для комплексного решения сложности и многоплановости проблемы охраны воздушной среды и защиты человека при сварке требуются совместные усилия специалистов разных областей знаний — технологов, конструкторов, экологов, врачей-гигиенистов и клиницистов, экономистов. Радикальное решение проблемы обеспечения требуемой чистоты воздушной среды в сварочном производстве сегодня ни с технической, ни с экономической точки зрения не может базироваться на использовании одной лишь общеобменной вентиляции. Эффективность ее (несмотря на чрезвычайно

высокие затраты) чрезвычайно мала, а при работе в замкнутых отсеках, цистернах, емкостях, шахтах и других замкнутых пространствах, она практически неощутима.

Наиболее действенным способом улавливания СА является применение местных (локальных) вытяжных устройств, максимально приближенных к источнику их образования — сварочной дуге. К их числу относятся местные отсосы, встроенные в сварочное оборудование и инструменты (манипуляторы, кантователи, столы сварщиков), а также переносные, передвижные и стационарные фильтровентиляционные агрегаты (ФВА), с помощью которых

СА отсасываются из места сварки, очищаются от вредных веществ, а очищенный воздух возвращается в рабочее помещение. При этом эффективность улавливания составляет 75...95 %, степень очистки 98,0...99,5 %, что позволяет намного уменьшить выбросы вредных веществ в атмосферу цеха и объемы подаваемого в цех свежего воздуха для их разбавления до уровня предельно допустимых концентраций. Соответственно снижаются затраты на вентиляцию и подогрев приточного воздуха в холодные периоды года. В итоге с меньшими затратами создаются более комфортные условия труда рабочих, находящихся в сварочных цехах, уменьшаются выбросы в атмосферу.

Сопоставление затрат при различных способах вентиляции, результаты которого приведены в табл. 3, показывает целесообразность замены общеобменной вентиляции местной и встроенной. Использование ФВА, обеспечивающих улавливание СА в непосредственной близости к сварочной дуге с последующей их нейтрализацией и выбросом очищенного воздуха в атмосферу цеха, снижает затраты на вентиляцию в 1,5...2,5 раза, при этом срок окупаемости инвестиций составляет 0,3...1,4 г по сравнению с общеобменной вентиляцией.

Все приведенные выше варианты экономических оценок относятся к климатическим условиям Киева. При размещении сварочных цехов в регионах с большей длительностью отопительного сезона и более низкими температурами наружного воздуха в этот период экономическая эффективность замены общеобменной вентиляции местной и встроенной многократно возрастает.

Разработанная в ИЭС им. Е. О. Патона еще в 1988–1989 гг. методика экономического обоснования выбора способов сварки и вентиляции предусматривает определение широкого круга технологических, экономических и экологических факторов с выдачей результатов расчетов в натуральных и стоимостных показателях. В табл. 4 приведены рассчитанные по этой методике данные энергоемкости процессов сварки и общеобменной вентиляции, которые с достаточной степенью точности совпадают с практическими данными [3].

Данные табл. 1, 2, 4 свидетельствуют о том, что при всех дуговых способах сварки затраты на общеобменную вентиляцию весьма значительны



Таблица 4. Энергоемкость дуговой сварки и общеобменной вентиляции на 1 кг наплавленного металла

Способ сварки	Сварочные материалы и их диаметр, мм	$I_{св}$ , А	Объем вентиляции на 1 кг наплавленного металла, тыс. м <sup>3</sup>	Энергоемкость, кВт·ч/кг		
				всего	в том числе	
					сварка	вентиляция
Автоматическая под флюсом АН-348А	Св-08А, 4,0	800	0,30	3,11	2,93	0,18
Механизированная в СО <sub>2</sub>	Св-08Г2С, 1,2	250	6,78	6,08	2,01	4,07
Ручная дуговая	АНО-4, 4,0	210	10,53	10,53	3,87	6,32
	УОНИ-13/45, 4,0	160	22,61	22,61	3,65	13,56

Таблица 5. Текущие затраты на вентиляцию сварочного цеха

Способ сварки	Сварочные материалы и их диаметр, мм	Вариант вентиляции				
		общеобменная	переносные ФВА с эжекторным побудителем	переносные ФВА с электро-механическим побудителем	передвижные ФВА типа «хобот слона»	централизованная вакууммсистема с турбовоздуходувкой
Автоматическая под флюсом ОСЦ-45	Св-08А	1,0	10,8	4,1	3,6	2,8
Механизированная в СО <sub>2</sub>	Св-08Г2С	22,5	18,0	11,3	10,8	10,0
Ручная дуговая	АНО-4	34,5	22,0	15,3	14,8	14,0
	УОНИ-13/45	57,2	35,5	28,8	28,3	27,5

Таблица 6. Энергоемкость вентиляции сварочного цеха

Способ сварки	Сварочные материалы и их диаметр, мм	Вариант вентиляции				
		общеобменная	переносные ФВА с эжекторным побудителем	переносные ФВА с электро-механическим побудителем	передвижные ФВА типа «хобот слона»	централизованная вакууммсистема с турбовоздуходувкой
Автоматическая под флюсом ОСЦ-45	Св-08А	1,0	2,9	0,7	1,4	4,8
Механизированная в СО <sub>2</sub>	Св-08Г2С	22,6	10,2	7,9	8,6	11,9
Ручная дуговая	АНО-4	35,1	14,4	12,1	12,8	16,2
	УОНИ-13/45	75,3	27,8	25,5	26,2	29,6

и сопоставимы с затратами на сварочные материалы и зарплату сварщиков, а энергоемкость вентиляции во многих случаях превышает энергоемкость процессов сварки. Гораздо более эффективными в экономическом и экологическом отношении являются способы вентиляции с использованием различных видов местного отсоса и ФВА.

В табл. 5, 6 сопоставлены технико-экономические показатели этих способов при использовании общеобменной вентиляции на примере сварочного цеха, который имеет 20 постов сварки, работающих в одну смену со средним расходом сварочных материалов 2 кг/ч на каждом рабочем посту. Цех расположен в климатической зоне Киева. Все расчеты выполнены с учетом цен и тарифов по состоянию на 25 февраля 2002 г. В табл. 5, 6 за единицу приняты затраты на общеобменную вентиляцию при автоматической сварке под флюсом.

Данные табл. 4–6 свидетельствуют о преимуществах способов местной вентиляции перед общеобменной, механизированных способов сварки перед ручными, низкотоксичных сварочных материалов перед более токсичными.

Разработанная в ИЭС им. Е. О. Патона методика позволяет не только определять экономическую предпочтительность того или иного способа дуговой сварки, но и давать рекомендации по оптимизации режимов сварки. Так, анализ резуль-

татов расчетов технико-экономических показателей механизированной сварки в углекислом газе низкоуглеродистых и низколегированных сталей позволяет сделать вывод, что если в качестве экономического критерия принять сумму затрат на сварку и вентиляцию, то предпочтительными являются варианты сварки проволокой диаметром 1,2...1,6 мм. Если же в качестве такого же критерия принять минимум трудовых затрат без требований к качеству сварки, то рекомендуется сварка проволокой диаметром 2 мм на максимальном режиме. Если за критерий принять минимальное воздействие на производственную среду, то следует отдать предпочтение сварке на минимальном режиме проволокой наименьшего диаметра. В каждом конкретном случае данные рекомендации подлежат уточнениям, обусловленным техническими или технологическими требованиями, которые предъявляются к сварным конструкциям.

Важнейшим критерием конкурентоспособности сварных конструкций является обеспечение высокого качества сварных швов, поэтому в промышленно развитых странах при сварке в защитных газах наиболее распространены (более 90 %) проволоки диаметром 1,2 мм и менее. Учитывая специфику перехода на новые условия хозяйствования и необходимость расширения выпуска экспортной продукции, на этот критерий в первую

Таблица 7. Статьи затрат при механизированной сварке в  $\text{CO}_2$ , %

Статья затрат	Украина	Швеция
Зарплата с начислениями	28,8	55,0
Проволока	31,1	17,5
Газ	24,2	10,0
Электроэнергия	3,8	10,0
Обслуживание и амортизация оборудования	12,1	7,5

очередь следует обратить внимание, тем более, что его требования практически совпадают с требованиями критерия минимизации затрат при сварке.

Расчет затрат и прибыльности всех возможных способов сварки и вентиляции дают возможность выбрать наиболее эффективный вариант для конкретных производственных условий. Одновременно это позволит преодолеть предвзятое отношение многих хозяйственных руководителей к мероприятиям по оздоровлению условий труда. Таким образом может быть оказана существенная помощь в решении как экономических, так и экологических проблем при сварке.

Приведенные выше данные, а также вытекающие из них выводы и рекомендации относятся к конкретным экономическим условиям Украины. Иная структура затрат при сварке за рубежом (табл. 7), что заставляет очень осторожно относиться к рекламным обещаниям западных фирм.

Так, в Швеции технология сварки, в два раза повышающая производительность труда при удвоении стоимости сварочной проволоки, эффективна, если зарплата составляет 55% затрат, а материалы — 17,5, но та же технология в условиях Украины, где зарплата составляет менее 30%, а материалы 31,1%, будет абсолютно неэкономичной. Только объективная оценка экономичности западных технологий в реальных условиях украинского сварочного производства позволит выявить целесообразность их приобретения и внедрения взамен существующим отечественным.

The paper provides data on the cost of arc welding, structure of these costs, as well as the data on the cost of welding shop ventilation, etc.

## Выводы

1. В реальных производственных условиях при технологической взаимозаменяемости способов дуговой сварки, обеспечивающих требования конструкторской документации, следует выбирать способы сварки с наименьшими затратами.

2. Разработанная в ИЭС им. Е. О. Патона методика комплексной экономической оценки дуговых способов сварки дает возможность оперативно учитывать затраты на сварку, вентиляцию и подогрев приточного воздуха.

3. Практическое использование методики на протяжении длительного периода показало ее надежность и устойчивость при быстроизменяющейся реальной экономической ситуации не только в Украине, но и в других странах СНГ.

4. В реальной экономической ситуации Украины в условиях непрерывного повышения цен и тарифов возрастает экономическая эффективность применения высокопроизводительных, экологически чистых способов сварки, обеспечивающих высокое качество сварных швов — автоматической сварки под флюсом, механизированной в углекислом газе проволокой малых диаметров (1,2...1,4 мм), а также современных способов и средств вентиляции.

1. Мазур А. А. Экономическая эффективность мероприятий по оздоровлению воздушной среды при сварке // Автомат. сварка. — 1989. — № 8. — С. 67–70.
2. Мазур А. А., Горбань Л. Н., Энциан А. А. Экономика оздоровления воздушной среды при сварке // Экологические проблемы свароч. пр-ва. — Ин-т сварки в Гливицах, 1992. — С. 39–41.
3. Мазур А. А., Федорович А. Ю. Методические рекомендации по расчету экономической эффективности внедрения однопостовых фильтровентиляционных агрегатов производительностью до 150 м<sup>3</sup>/ч. — Киев: ИЭС им. Е. О. Патона АН УССР, 1990. — 63 с.
4. Мазур А. А., Заяц С. В. Учет экономических факторов при выборе способов сварки и вентиляции: Сб. тр. I Междунар. науч.-практ. конф. «Защита окружающей среды, здоровье, безопасность в сварочном производстве», Одесса, 11–13 сент. 2002 г. — Одесса, 2002. — С. 520–528.

Поступила в редакцию 14.03.2003