

ПРЕССОВАЯ СВАРКА МАГНИТОУПРАВЛЯЕМОЙ ДУГОЙ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНОГО СОРТАМЕНТА

Академик НАН Украины С. И. КУЧУК-ЯЦЕНКО, В. С. КАЧИНСКИЙ, канд. техн. наук, В. Ю. ИГНАТЕНКО, Е. И. ГОНЧАРЕНКО, М. П. КОВАЛЬ, инженеры (Ин-т электросварки им. Е. О. Патона НАН Украины)

Описаны особенности прессовой сварки деталей автомобильного сортамента, включающих компактные полые детали рулевой тяги, амортизатора и реактивной штанги. Представлены результаты металлографических исследований и оценки механических испытаний, свидетельствующих о высоком качестве сварных соединений.

Ключевые слова: прессовая сварка, магнитоуправляемая дуга, автомобильные детали, формирование соединения, технология сварки

На автомобильных заводах большое распространение получают высокопроизводительные и энергосберегающие процессы сварки, обеспечивающие хорошее качество изготавливаемых деталей, а также позволяющие достичь более высокую производительность труда.

В ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины разработана технология и оборудование (сварочные установки МД102 и МД105) для прессовой сварки магнитоуправляемой дугой (ПСМД), которые широко используются в автомобильной промышленности Украины. С 1994 г. на ЗАО «Краснодонский завод «Автоагрегат» изготавливают пневматические пружины и амортизаторы (рис. 1), сваренные ПСМД [1–3]. За это время было выполнено более 4 млн сварных соединений.

На основании имеющегося многолетнего опыта ПСМД следует отметить следующие основные преимущества этой технологии: высокая производительность в условиях массового производства; небольшое время сварки по сравнению с другими процессами; минимальный расход материала деталей на нагрев и осадку; герметичность сварных соединений; отсутствие сварочных материалов и защитного газа; высокие прочностные свойства сварного соединения на уровне показателей основного металла.

В последние годы в ИЭС им. Е. О. Патона НАН Украины разработана технология ПСМД нового поколения деталей автомобильной промышленности. Целью исследований была разработка относительно недорогого, высокопроизводительного процесса ПСМД применительно к производству автомобильных деталей в условиях массового производства.

Исследована свариваемость компактных полых автомобильных деталей рулевой тяги диаметром 22×2,2 мм, амортизатора диаметром 40×2,2 мм и реактивной штанги диаметром 34×6 мм. Основными требованиями, предъявляемыми к работе, является обеспечение высокопроизводительного процесса сварки для применения в массовом автомобильном производстве с гарантированными механическими свойствами сварного соединения на уровне показателей основного металла деталей.

Работу выполняли на сварочных установках МД101 и МД1 (рис. 2), технические характеристики которых представлены в табл. 1 (производительность сварки 60 стыков/ч), а химический состав деталей — в табл. 2.

Таблица 1. Технические характеристики машин для сварки труб

Установка	Диаметр труб, мм	Толщина стенки, мм	Усилие осадки, кН	Потребляемая мощность, кВт·А	Масса, кг
МД101	10...51	1...4	40	30	230
МД1	18...61	1...6	60	45	190

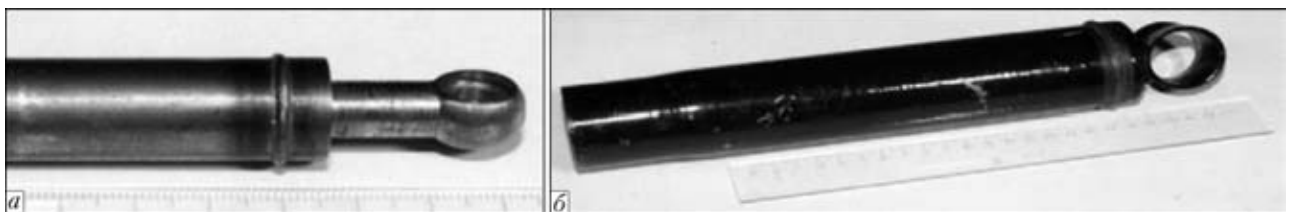


Рис. 1. Деталь пневматической пружины диаметром 19×1,7 мм (а) и амортизатора диаметром 53×1,8 мм (б)

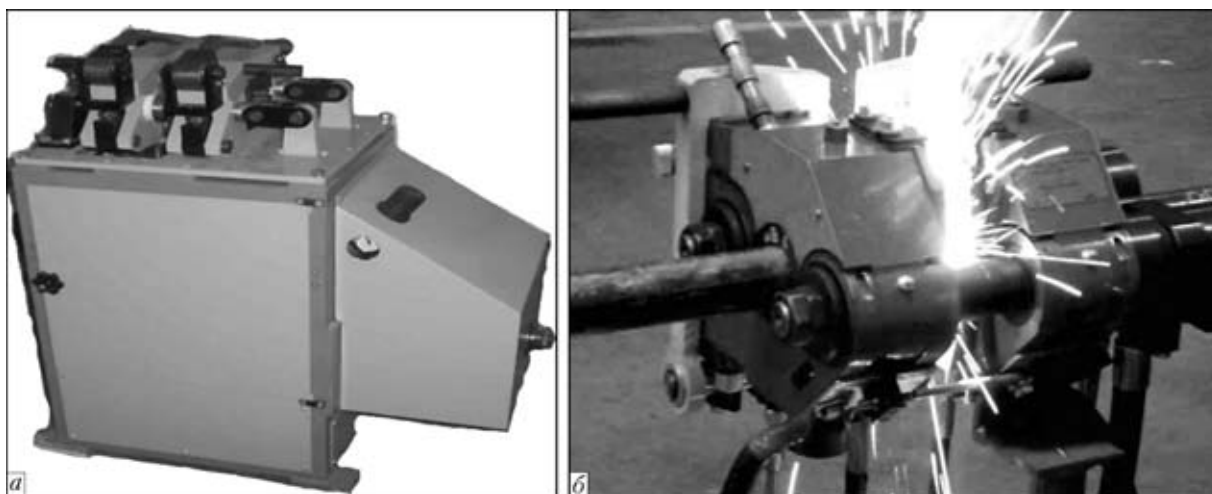


Рис. 2. Установка МД101 (а) и рабочий момент установки МД101 (б)

Таблица 2. Химический состав автомобильных деталей, мас. %

Деталь	C	Si	Mn	S	P	Cr	Ni	Cu
Рулевая тяга диаметром 22×2,2 мм:								
труба	0,194	0,174	1,01	0,004	0,015	0,05	0,04	≤0,02
деталь левой тяги	0,175	0,107	0,91	0,004	0,012	0,17	0,07	0,12
деталь правой тяги	0,170	0,080	0,90	0,004	0,011	0,17	0,07	0,22
Амортизатор диаметром 40×2,2 мм:								
труба	0,146	0,152	1,23	0,004	0,012	0,05	0,04	≤0,02
втулка	0,136	0,162	0,56	0,018	0,011	0,07	0,08	0,08
Реактивная штанга диаметром 34×6,2 мм:								
труба	0,18	0,22	0,55	0,010	0,015	0,02	0,01	—
головка	0,32	0,20	0,55	0,008	0,006	0,05	0,05	W = 0,1

Таблица 3. Основные технологические параметры сварки деталей

Деталь	Диаметр, мм	Время сварки, с	Усилие осадки, кН	Укорочение детали, мм	Потребляемая мощность, кВт
Рулевая тяга	22×2,2	3,7	21	2,1...2,3	6,1
Амортизатор	40×2,2	4,8	31	3,7...3,9	6,7
Реактивная штанга	34×6,2	13,2	40	7...7,5	7,2

Основные технологические параметры сварки деталей рулевой тяги, амортизатора и реактивной штанги представлены в табл. 3.

Проведены механические испытания сварных соединений по методикам, принятым на автомобильных заводах. Они предусматривают натурные испытания на разрыв, а также на локальный изгиб сегментов кольцевых соединений.

Металлографические исследования сварных соединений деталей рулевой тяги и амортизатора проводили на приборе М400 фирмы «LECO» с нагрузкой 1 Н и шагом 100 мкм. Для выявления микроструктуры сварного соединения использо-

вали химическое травление 4 % спиртовым раствором азотной кислоты.

Рулевые тяги. Деталь рулевой тяги представляет собой трубу длиной 300 мм, с обеих сторон которой приваривают полые детали тяги с резьбой длиной 60 мм. В результате исследований разработана опытная технология прессовой сварки трубы с полыми тягами.

На рис. 3 показано сварное соединение, выполненное ПСМД.

Сварные соединения были испытаны на разрыв и изгиб. Усилие разрыва составило 12900 кг, разрушение произошло по основному металлу трубы на расстоянии 140 мм от стыка, что свидетельствует о высокой механической прочности соединения. Испытания на изгиб свидетельствуют о высоких пластических свойствах соединения.

Из сварных соединений детали рулевой тяги были изготовлены макрошлифы (рис. 4). Ширина ЗТВ составила 2,2...2,4 мм. Сварное соединение



Рис. 3. Автомобильная деталь рулевой тяги диаметром 22×2,2 мм после сварки (а) и после испытаний на разрыв (б)

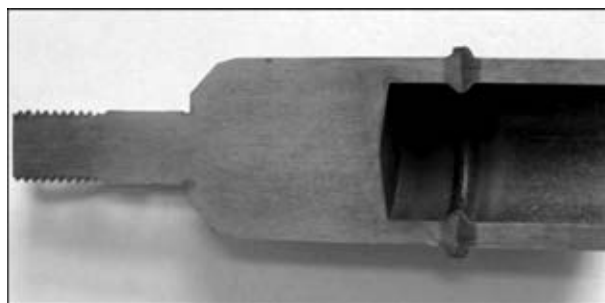


Рис. 4. Макрошлиф (X1) сварного соединения левой рулевой тяги

не требует выполнения дополнительных операций после окончания процесса сварки и удаления графа. Метод ПСМД при необходимости позволяет получать высоту усиления шва до 0,5 мм.

Измерение распределения твердости металла в зоне сварного соединения рулевой тяги проводили в направлении из трубы в деталь тяги (рис. 5). Проведенные металлографические исследования сварного соединения детали рулевой тяги показали следующие результаты.

Ферритная обезуглероженная полоса на линии сварного соединения отсутствует (рис. 6). Твердость металла на линии соединения HV 2640...2970 МПа. В зоне соединения дефектов не обнаружено.

Структура участка перегрева металла ЗТВ трубы представляет собой смесь перлита, бейнита (HV 3060...3110 МПа) и небольшое количество

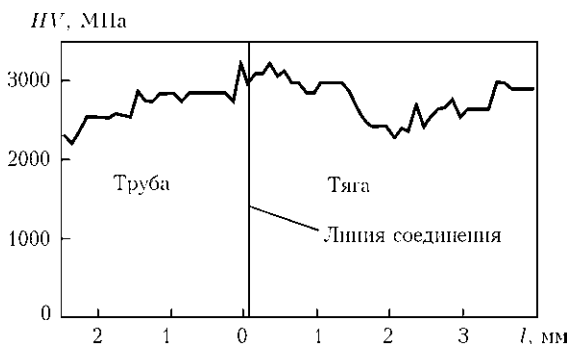


Рис. 5. Распределение твердости металла в зоне сварного соединения рулевой тяги

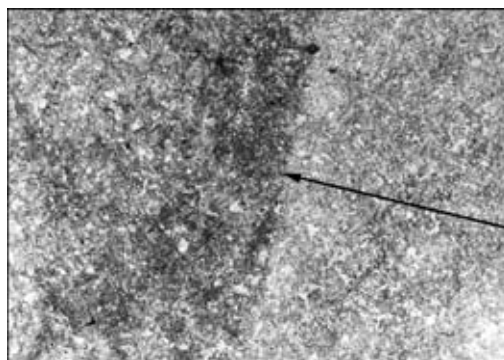


Рис. 6. Микроструктура (X250) сварного соединения «деталь–труба» (рулевая тяга)

феррита (HV 2540...2610 МПа) (рис. 6). Ширина участка перегрева составляет 550...600 мкм. Далее структура измельчается, уменьшается количество бейнита, увеличивается количество перлитной составляющей. Общая ширина ЗТВ составляет 2200 мм.

Структура основного металла трубы мелкозернистая (балл 9-10 по ГОСТ 5639–82), ферритная и перлитная (HV 2020 и 2120...2370 МПа соответственно) с явно выраженной текстурой проката.

Структура участка перегрева металла ЗТВ детали тяги бейнитно-ферритная (HV 2710...3210 МПа), ширина участка перегрева 700 мкм. Структура основного металла детали тяги бейнитно-ферритная с твердостью HV 2790...3090 МПа.

Амортизаторы. Деталь представляет собой трубу длиной 300 мм, внутренняя поверхность которой покрыта хромом толщиной 0,02 мм, к трубе с одной стороны приваривают полый хвостовик с резьбой длиной 60 мм. На рис. 7 показано сварное соединение, выполненное ПСМД.

Механические испытания на растяжение и изгиб показали, что прочность соединения находится на уровне показателей основного металла детали хвостовика. Сила растяжения до разрыва составила 122 кН. Испытания на изгиб показали высокие пластические свойства сварного соединения.

Механические испытания сварных соединений реактивной штанги и амортизатора на растяжение



Рис. 7. Сварное соединение автомобильной детали амортизатора

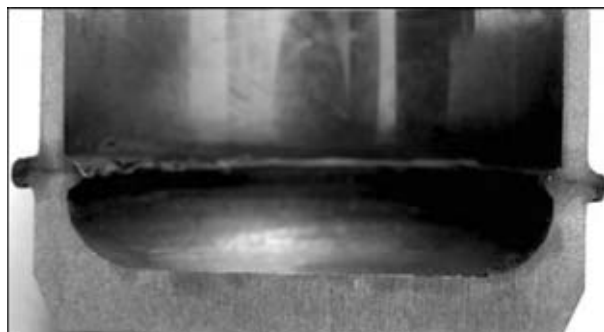


Рис. 8. Макрошлиф (X1,5) сварного соединения детали амортизатора

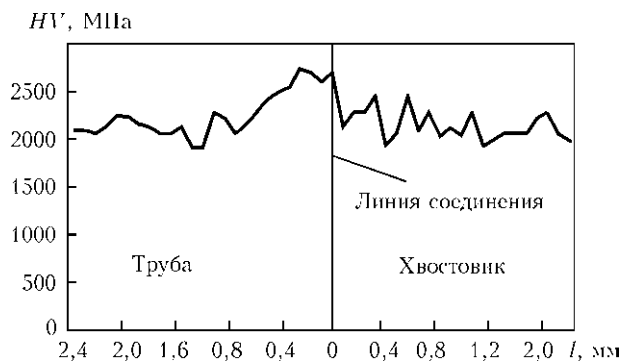


Рис. 9. Распределение твердости металла в зоне сварного соединения детали амортизатора

и изгиб свидетельствуют о равнопрочности и высокой пластичности соединений, соответствующих показателям основного металла деталей. Испытания на изгиб являются жесткими для такого типа соединений. Проведенные натурные механические испытания на изгиб и разрыв деталей рулевой тяги и амортизатора показали, что пластические свойства сварного соединения находятся на уровне свойств основного металла.

В результате выполненных исследований разработана опытная технология ПСМД детали амортизатора.

Из сварного соединения амортизатора изготовили макрошлиф (рис. 8). Ширина ЗТВ составила 2,2...2,4 мм. Сварное соединение не требует выполнения дополнительных механических операций после окончания процесса сварки.

Металлографические исследования сварного соединения деталей амортизатора диаметром 40X2,2 мм показали следующие результаты. Измерение распределения твердости металла в зоне сварного соединения проводили в направлении из трубы в деталь (рис. 9). Ферритная обезуглероживенная полоска на линии сварного соединения трубы и хвостовика отсутствует (рис. 10). Твердость металла на линии соединения HV 2700...2850 МПа. В зоне соединения дефекты не выявлены.

Структура участка перегрева металла ЗТВ трубы состоит из перлита (HV 2570...2650 МПа), бейнита (HV 3030...3210 МПа) и небольшого коли-

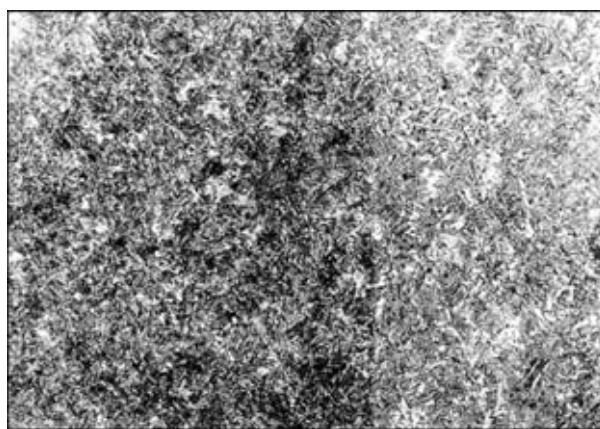


Рис. 10. Микроструктура (X320) сварного соединения «труба-деталь» (амортизатор)

чества феррита. Ширина участка перегрева 500 мкм.

Основной металл трубы имеет ферритно-перлитную структуру с выраженной текстурой проката HV 2210...2320 МПа.

Структура участка перегрева металла ЗТВ детали хвостовика представляет собой смесь феррита с HV 2190...2210 МПа и перлита с HV 2340...2390 МПа. В структуре наблюдается феррит различных морфологических форм. Ширина участка перегрева составляет 500 мкм, протяженность ЗТВ 1200 мкм.

Структура основного металла детали хвостовика ферритно-перлитная (HV 1990...2210 МПа) со значительным преобладанием ферритной составляющей.

В результате исследований определено, что в сварных соединениях деталей рулевой тяги и амортизатора отсутствуют структуры, значительно изменяющие свойства металла по отношению к основному металлу. В сварных соединениях преобладает бейнитно-ферритная структура. Особенностью структуры сварных соединений является отсутствие участка крупного зерна.

Реактивная штанга. Реактивная штанга состоит из трубы и двух головок. Материал трубы — сталь 20, головок — сталь 30. Со сваренными деталями реактивной штанги были выполнены испытания на усталость на специальном стенде в симметричном цикле растяжения-сжатия. Результаты испытаний приведены в табл. 4.

Таблица 4. Результаты испытаний деталей реактивной штанги в симметричном цикле растяжения-сжатия

№ образца	Нагрузка, кН	Удельная нагрузка, МПа	Количество циклов до разрушения	Место разрушения
1	±70	133,0	914000	По телу головки
2	±60	114,0	2480100	»
3	±50	95,0	3027500	»
4	±45	85,5	10 ⁷	Без разрушения



Рис. 11. Деталь реактивной штанги после циклических испытаний

Разрушение детали реактивной штанги после испытаний на растяжение–сжатие наблюдалось по основному металлу наконечника (рис. 11). Испытания сварных соединений в симметричном цикле растяжения–сжатия проводили на соединениях с гратом. Наличие грата, дающего концентрацию напряжений, не снизило показателей циклических испытаний. Это обусловлено тем, что в месте повышенной концентрации напряжений на границе усиления шва наблюдается мелкозернистая структура с высокими вязкими свойствами.

В результате выполненных исследований разработана опытная технология прессовой сварки детали реактивной штанги диаметром 34×6,2 мм грузовых автомобилей.

Features of pressure welding of parts of automotive product range including compact hollow parts of steering rod, shock absorber and torque arm, are described. Results of metallographic examination and evaluation of mechanical tests are presented, which are indicative of the high quality of welded joints.

Таким образом, проведенные натурные механические испытания на разрыв сварных деталей рулевой тяги и амортизатора, выполненных ПСМД, свидетельствуют о высоких механической прочности, пластичности и сопротивляемости усталостным разрушениям сварного соединения, соответствующих уровню показателей для основного металла.

Разработана опытная технология ПСМД автомобильных деталей рулевой тяги диаметром 22×2,2 мм, реактивной штанги диаметром 34×6 мм и амортизатора диаметром 40×2,2 мм. Технология может быть использована при массовом производстве, где требуется высокая производительность труда.

1. Пат. 94128094 (3/4663) Украина. Машина для пресового зварювання з нагріванням дугою, керованою магнітним полем / С. І. Кучук-Яценко, В. Г. Кривенко, В. С. Качинський та ін. — Оubl. 20.12.94.
2. Качинский В. С., Игнатенко В. Ю., Головченко С. И. Прессовая сварка с нагревом дугой, управляемой магнитным полем, трубчатых деталей (оборудование и технология) // Автомат. сварка. — 1997. — № 7. — С. 39–41.
3. Kachinskiy V., Ignatenko V., Koval M. Magnetically-impelled arc butt welding of hollow and solid parts // Intern. conf. «Exploiting solid state joining» (Cambridge, 13–14 Sept. 1999). — Cambridge, 1999. — P. 30–46.

Поступила в редакцию 03.02.2010



XIV МЕЖДУНАРОДНЫЙ ФОРУМ

РОССИЙСКИЙ ПРОМЫШЛЕННИК

28.09–01.10.2010

г. Санкт-Петербург ЛЕНЭКСПО

Разделы выставки

- ✓ ПРОМЭКСПО
- ✓ ТЕХНОЭКСПО
- ✓ Машиностроение. Станки. Металлообработка
 - ✓ Инструмент и техоснастка
 - ✓ Субконтрактинг
 - ✓ АВТОМАШ
- ✓ Радиоэлектроника и приборостроение
 - ✓ Информационные технологии
 - ✓ Мехатроника и робототехника
 - ✓ Конгрессная часть форума 2010

ОАО ЛЕНЭКСПО
тел.: (7812) 325-67-78, 325-67-79
promexpo@lenexpo.ru