ПРИОРИТЕТНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ – СОЗДАНИЕ КОМБИНИРОВАННЫХ ЭНЕРГОСИЛОВЫХ УСТАНОВОК

Хамидуллин Р.П., Филькин Н.М., Фролов М.М.
ОАО "Ижевский автомобильный завод", Ижевск

История создания комбинированных энергосиловых установок (КЭСУ), которые за рубежом принято называть гибридными, насчитывает примерно 15 лет. В мире серийно производит и продает автомобили с КЭСУ в основном фирма Toyota Motor, это автомобиль Toyota Prius: четырехдверный пятиместный переднеприводный седан с четырехцилиндровым двигателем внутреннего сгорания 1,5 л (58 л.с. при 4000 об/мин, 102 Н*м при 4000 об/мин) и электродвигателем (ЭД) 41 л.с. при оборотах от 940 до 2000 об/мин (до 940 об/мин крутящий момент ЭД 305 Н*м). ДВС соединен с водилом планетарной передачи, ЭД – с корончатым колесом, а центральное зубчатое колесо соединено с отдельным генератором, электрическая энергия с которого поступает на ЭД. Расход топлива составляет 3,6 л на 100 км пути, максимально возможная скорость движения 161 км/ч, время разгона до скорости 100 км/ч 14 с, выбросы несгоревших углеводородов СН и окислов азота NO_x снижены на 90 %, а углекислого газа CO_2 на 50 % в сравнении с серийным автомобилем Toyota Каролла. Выпуск автомобилей начат в 2000 г. Компания Toyota планирует начать в 2006 году в Северной Америке продажи одного из бестселлеров американского рынка, автомобиля Toyota Camry, оснащенного гибридной силовой установкой. Автомобиль Toyota Camry является одной из самых популярных легковых моделей в США, а ежегодные объемы ее продаж достигают 400 000 автомобилей. Гибридная же версия данной модели, по прогнозам, сможет продаваться тиражом до 100 000 автомобилей в год. Вторая японская фирма Honda Motor с 2004 г. также начала производить серийно и продавать гибридные автомобили. Ford Escape Hybrid – первый серийный гибридный автомобиль, созданный в США, который уже поступил в продажу. В 2005 году планируется продать 20 000 автомобилей Ford Escape Hybrid.

В настоящее время по данному перспективному направлению работают практически все ведущие автомобильные фирмы мира. В нашей стране большой объем исследований по КЭСУ выполнен ОАО "Ижевский автомобильный завод" совместно с Ижевским государственным техническим университетом. Ведутся исследования также в Московском государственном техническом университете "МАМИ". Как показывает практика, расход топлива у такого типа автомобилей уменьшается до 40-50 % при одновременном уменьшении выбросов токсичных веществ до 60 % и более. Важность и перспективность работ по созданию КЭСУ в нашей стране обсуждается на достаточно высоком уровне, что подтверждает приоритетность данного направления в автомобилестроении России на ближайшие годы. В частности, председатель правительства Российской Федерации 22 октября 2005 г. в письме МФ-П9-5375 поручил Минпромэнерго, Минэкономразвития, Минфину и Минобрнауки России "… подготовить до конца 2005 года предложения по развитию легкового автомобилестроения России, включая ОАО "АВТОВАЗ", а также созданию перспективной автомобильной техники с использованием комбинированных энергетических установок и альтернативных видов топлива".

Данное направление совершенствования энергетических установок автомобилей, как показывает практика, имеет большую наукоемкость, которая связана с выполнением большого количества фундаментальных и прикладных исследований, направленных на создание конструкций и технологий производства специализированных электродвигателей переменного тока, систем управления и элементной базы для создания этих систем, новых транспортных средств и их типажа, эффективных накопителей энергии и др. Основные подходы при выполнении теоретических, расчетных и экспериментальных исследований должны базироваться на методах математического моделирования и средствах вычислительной техники, а также методах инженерного творчества: морфологический анализ и синтез технических решений; методы автоматизированного поиска оптимальных технических решений; функционально-стоимостной анализ, методы многофакторного планирования экспериментов и др.

Работа представлена на IV научную конференцию с международным участием «Современные наукоемкие технологии», 21-28 февраля 2006г. Хургада (Египет).

ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ СВАРКИ МНОГОСЛОЙНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ИЗ СТАЛИ 30ХГСА, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЙ ГАРАНТИРОВАННОЕ КАЧЕСТВО СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С МИНИМАЛЬНЫМИ РЕСУРСО- И ТРУДОЗАТРАТАМИ

Чинахов Д.А.
Юргинский технологический институт Томского политехнического университета, Юрга

Применение легированных сталей средней и высокой прочности в промышленности позволяет повысить прочность и долговечность конструкции при одновременном снижении ее металлоемкости. Легированная сталь 30ХГСА применяется для изготовления гидравлических цилиндров, работающих в различных климатических условиях с различной интенсивностью и загруженностью. Гидравлический цилиндр является высокоответственной металлоконструкцией, от которой зависит не только надежность работы механизированных комплексов, производительность, экономический эффект и т.д., он во многих случаях и жизнь рядом работающих людей. Выход из строя гидроцилиндров в процессе эксплуатации может произойти из-за нарушения его герметичности. Это может быть вызвано двумя причинами: появлением сквозных холодных трещин в зоне сварного соединения и их дальнейшим развитием под воздействием давления

рабочей жидкости гидроцилиндра; неправильной эксплуатацией гидроцилиндров. Склонность легированных сталей к закалке и образованию холодных трещин заставляет инженеров-сварщиков искать новые пути получения качественных равнопрочных сварных соединений с минимальными трудовыми, временными и материальными затратами [1, 2].

Традиционно сварку конструкций из высокопрочных легированных сталей выполняют с предварительным подогревом (до температуры 300-350 ^{o}C) и последующей термической обработкой (при температуре 600-650 ^{o}C). Такой технологический процесс позволяет в некоторой степени снизить уровень содержания диффузионного водорода в сварном соединении, скорость охлаждения металла шва и ЗТВ и увеличить время протекания структурных превращений [2, 3]. Однако, эта технология сложна и нерациональна, поскольку требует тщательного контроля температуры и параметров сварочного процесса, не обеспечивает гарантированное качество сварных соединений, а неравномерность подогрева и термической обработки крупногабаритных изделий ведет к возрастанию внутренних напряжений, деформации. Кроме того, ее применение связано с дополнительными энергетическими и трудовыми затратами [2, 3]. При этом значения механических характеристик, полученных сварных соединений, имеют большой разброс (статистика ЦЗЛ ЮМЗ) табл.1.

Таблица 1. Результаты механических испытаний сварных соединений из стали 30ХГСА

Испытываемый материал	Предел текучести, МПа	Временное сопротивление разрыву, МПа	Ударная вязкость, Дж/см^2 при температуре +20 ^{o}C	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %
1. Традиционный способ сварки (30ХГСА + Св-08Г2С)	421 - 627 524	431 - 715 573	65 - 141 103	4,6 - 26,5 15,5	13,0 - 67,0 40
2. 30ХГСА по ГОСТ 4543-71	830	1080	49	10	45

Известны и другие подходы к решению проблемы повышения стойкости сварных соединений к образованию холодных трещин при сварке легированных сталей.

Широкое применение при сварке легированных сталей получили аустенитные сварочные материалы, однако получаемые сварные соединения при хорошем качестве не обладают равнопрочностью ($\sigma_в$ < 600 МПа). Предлагают использование шагодуговой и двухдуговой сварки под флюсом и в среде CO_2, дуговой сварки в смеси газов CO_2 + O_2, CO_2 + воздух, CO_2 + Ar и др., а также добавка в металл шва различных поверхностно-активных элементов (цезий, кальций, бор и др.) и многое другое. Разрабатываются новые технологии: сварка закаливающихся сталей с предварительной наплавкой на кромки слоя низколегированного металла, имеющего небольшое содержание углерода; сварка с послойным заполнением шва низкоуглеродистыми низколегированными сварочными проволоками и аустенитными проволоками высокой прочности и т.д. [3].

Необходимо отметить, что технологии изготовления сварных конструкций из легированных сталей усложняются, увеличивается количество дорогостоящих компонентов, входящих в сварочные материалы, но конкретные общепризнанные достижения в решении проблемы предотвращения образования холодных трещин так и не получены. Данная задача остается актуальной и требует дальнейших поисков путей ее решения.

По результатам аналитического обзора, существующих путей снижения образования холодных трещин при сварке закаливающихся сталей [3] и проведенным разноплановым экспериментальным исследованиям [4-6], установлено, что для получения качественного равнопрочного сварного соединения при сварке легированных сталей, целесообразно выполнять сварку низкоуглеродистыми сварочными материалами, близкими по легированию к основному металлу, в состав которых входят активные элементы (микродобавки бора, титана и др.) в среде углекислого газа (или смеси газов CO_2 + воздух, CO_2 + азот) с управлением термическим циклом сварки и импульсно-динамическим воздействием на металл сварочной ванны.

Перспективным направлением решения поставленной задачи, с нашей точки зрения, является применение импульсно-динамических методов воздействия на металл сварочной ванны, структуру и свойства сварных соединений из легированных сталей.

По результатам экспериментальных исследований разработан способ сварки легированных сталей [7], обеспечивающий стабильное качество и высокие эксплуатационные свойства многослойных сварных соединений без предварительного подогрева и последующей термообработки. Для сравнения на идентичных режимах сварки были изготовлены образцы по традиционной технологии (предварительный подогрев 300°C и последующая термообработка 600°C). Результаты механических испытаний сварных образцов приведены в таблице 2.

Из таблицы 2 видно, что полученные по разработанному способу сварки (в таблице строка 1) многослойные соединения обладают достаточно высокими и стабильными эксплуатационными свойствами с хорошей пластичностью.

Проведенный микроструктурный анализ, в результате которого была выявлена мелкодисперсная структура металла шва, также подтверждает повышение эксплуатационных свойств многослойных сварных соединений. При этом швы обладают неявно выраженной зоной сплавления, т.е. существует плавный переход от металла шва к основному металлу, что обеспечивает высокую работоспособность сварных соединений. Это подтверждается высоким значением ударной вязкости образцов с надрезом в ЗТВ (табл. 2).

Таблица 2. Результаты механических испытаний сварных образцов из стали 30ХГСА

Способ сварки	Временное сопротивление разрыву, МПа	Предел текучести, МПа	Ударная вязкость с надрезом по центру шва, Дж/см^2 при температуре +20 ^{o}C	Ударная вязкость с надрезом по ЗТВ, Дж/см^2 при температуре +20 ^{o}C	Твердость шва, HRB	Твердость ЗТВ, HRC	Относительное удлинение, %	Относительное сужение, %
1. Разработанный способ сварки	710-770 740	590-620 605	88-126 107	126-196 152	96-98 97	25-31 28	10-12 11	59-61 60
2. Традиционный способ сварки	540-640 590	435-535 485	138-150 144	121-163 142	86-90 88	22-23 22,5	11-13 12	64-66 65

Высокие эксплуатационные свойства и мелкодисперсная структура многослойных сварных соединений полученных при сварке с двухструйной газовой защитой объясняются высоким импульсно-динамическим давлением внутренней струи защитного газа на жидкий металл сварочной ванны, что способствует интенсивному перемешиванию расплавленного электродного металла с основным, разбиению дендритов и образованию множества новых центров кристаллизации. Кроме того, увеличивается скорость охлаждения и сокращается время пребывания металла шва и ЗТВ в области высоких температур, и зерно не успевает вырасти. Внешняя кольцевая струя обеспечивает надежную защиту зоны сварки от вредного влияния атмосферного воздуха.

Устранение предварительного подогрева и последующей термообработки из технологического процесса сварки многослойных сварных соединений стали 30ХГСА позволяет сэкономить 3-4 м^3/ч горючего газа (ацетилен, природный газ) и 3-4,5 м^3/ч кислорода, необходимых при местном подогреве свариваемых изделий. Экономия газа и кислорода при сварке одного погонного метра многослойного сварного соединения составляет 14,58 рублей в ценах 2002 г. Одновременно уменьшается длительность технологического процесса изготовления единицы изделия (гидроцилиндра), улучшаются условия труда сварщика, увеличивается производительность труда на 15-20 %.

По результатам проведенного исследования установлено, что разработанный способ сварки многослойных соединений из легированных сталей, обеспечивает высокое качество и требуемые свойства сварных соединений, способствует измельчению структуры металла шва, формирует плавный переход от наплавленного металла к основному, повышает эксплуатационную надежность гидроцилиндров при работе в условиях низкочастотного термоциклирования.

Данная работа выполнена в рамках НИР государственного № 02.442.11.7109.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сварка и свариваемые материалы: В 3-х т. Т.1. Свариваемость материалов. Справ. изд./Под ред. Э.Л. Макарова – М.: Металлургия, 1991, с. 528.

2. Лобанов Л.М., Миходуй Л.И., Гордонный В.Г. Состояние и перспективы применения в сварных конструкциях высокопрочных сталей с улучшенной свариваемостью //Автоматическая сварка. 1998. № 12. С. 29-34.

3. Сараев Ю.Н., Чинахов Д.А., Шпигунова О.И. Способы повышения трещиностойкости сварных соединений легированных сталей типа 30ХГСА. /Технология машиностроения. 2001. № 1. С. 35 – 39.

4. Сараев Ю.Н., Чинахов Д.А. Регрессионные модели механических свойств многослойных сварных соединений стали 30ХГСА /Сварочное производство. 2002. № 5. с. 3-5.

5. Сараев Ю.Н., Чинахов Д.А. Сварка в щелевую разделку стали 30ХГСА без подогрева /Сварочное производство. 2002. № 7. С. 18-20.

6. Saraev Yu.N., Chinahov D.A., Fedko V.T. Technology of welding of multilayered connections from alloyed steels without heat treatment /Book of Abstracts of the International Workshop “Mesomechanics: Fundamentals and Applications” (MESO’2003) and the VII International Conference “Compute-Aided Design of Advanced Materials and Technologies” (CADAMT’2003), August 18-23, 2003, Tomsk, Russia. p. 147-148.

7. Чинахов Д.А., Федько В.Т., Сараев Ю.Н. Способ сварки: Патента на изобретение № 2233211 (РФ). Приоритет от 27.05.2003. 7 В 23 К 9/173//В 23 К 103:04. Опубл. 27.07.2004. Бюл. № 21.

Работа представлена на IV научную конференцию с международным участием «Современные наукоемкие технологии», 21-28 февраля 2006г. Хургада (Египет). Поступила в редакцию 23.01.2006г.