

## ПРИМЕНЕНИЕ ЛИСТОВЫХ СВАРНЫХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ ШТАМПОВКИ ДЕТАЛЕЙ В АЭРОКОСМИЧЕСКОЙ И АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

© 2011 Т. В. Хайруллин, В. И. Столбов

Тольяттинский государственный университет

Проведен обзор современного уровня применения и производства листовых сварных заготовок для штамповки (ЛСЗ) деталей в аэрокосмической и автомобильной промышленности. Представлены основные предпосылки к повышению эффективности внедрения ЛСЗ за счет высокопроизводительных технологий сварки и сформулированы основные задачи по их реализации.

*Листовые сварные заготовки, холодная листовая штамповка, аргонодуговая сварка неплавящимся электродом.*

В настоящее время при изготовлении корпусных деталей методами холодной листовой штамповки (ХЛШ) в аэрокосмической и автомобильной промышленности широкое применение находят листовые сварные заготовки (ЛСЗ). ЛСЗ – плоская сварная конструкция, состоящая из двух или нескольких листов металлического проката одной или разных толщин, марки материала, вида и толщины защитного покрытия и других физико-механических характеристик материала, соединенных между собой посредством сварки. Применение ЛСЗ обеспечивает равнопрочность штампуемой детали путем использования материала требуемой толщины и прочности с учетом ее разнонагруженного состояния [1], что существенно эффективнее применения дополнительных деталей-накладок, усилителей и др. за счет локального уменьшения толщины и сокращения расхода материала, массы деталей, оптимизации раскроя заготовок и других преимуществ [1-3]. ЛСЗ применяются для штамповки различных деталей двигателей, системы подачи топлива и выпуска отработавших газов, деталей фюзеляжа и окрыления самолетов, ракет, деталей кузова, шасси автомобилей и др. Качество шва ЛСЗ определяет штампуемость и эксплуатационные характеристики всей детали. При возникновении разрушения шва ЛСЗ при ХЛШ бракуется все изделие. В ряде случаев приходится отказываться от использования ЛСЗ из-за низкой деформационной способности металла шва или существенных затрат при внедрении ЛСЗ, что во многом связано с технологией сварки. Следователь-

но, совершенствование способов сварки ЛСЗ является актуальным. Наибольшее применение при изготовлении ЛСЗ находят способы сварки плавлением. Одной из перспективных технологий является аргонодуговая сварка (АрДС). В результате попыток использования этой технологии установлено, что способ обладает относительно низкой производительностью, а в области высокоскоростных режимов не обеспечивает получения соединений требуемого качества (нарушение формы геометрии шва, снижение пластичности швов), что приводит к браку при ХЛШ. В промышленности известны различные способы улучшения формирования геометрии швов при АрДС, позволяющие существенно повысить производительность процесса (в частности способы многодуговой и многопозиционной сварки) и изготавливать швы со свойствами, близкими к свойствам основного металла (дополнительная механическая и термическая обработка), однако их использование затруднено отсутствием научно обоснованных рекомендаций применительно к производству ЛСЗ. Цель работы – повышение производительности АрДС ЛСЗ путем разработки способа, обеспечивающего необходимое качество швов при высокой скорости сварки. В данной статье проведен анализ особенностей ЛСЗ, требований к сварным швам и поиск путей достижения поставленной цели на примере применения ЛСЗ при изготовлении деталей кузовов автомобилей.

В автомобильной промышленности ЛСЗ применяются при ХЛШ деталей типа

«Внутренняя панель двери», «Боковина», «Пол», «Лонжерон» и др. Свыше 90% всех швов выполняются прямолинейными, что обеспечивает экономный раскрой листов из исходного рулона или прямоугольных заготовок в состоянии поставки. Однако в ряде случаев применение прямолинейных швов приводит к невозможности штамповки и приходится смещать шов из области рационального его расположения (по раскрою и массе детали), что приводит к увеличению размера усиленной части, массы детали и удорожанию производства. Анализ развития конструкций ЛСЗ показывает, что с целью снижения массы деталей постепенно происходит локализация усиленных частей ЛСЗ, как, например, в требующих усиления местах крепления петель и замка боковой двери автомобиля (см. рис. 1,а). Однако имеющиеся в настоящее время решения либо приводят к существенному увеличению затрат металла и массы детали (рис. 1,б,в), либо требуют существенного усложнения технологии изготовления (рис. 1, г, д).

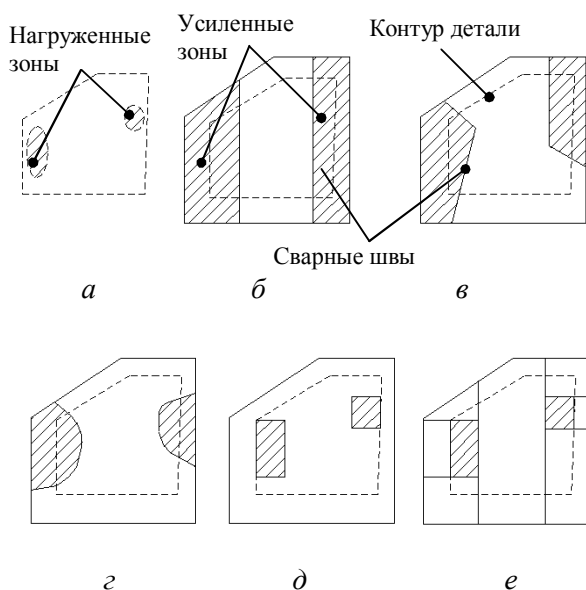


Рис. 1. Эволюция конструкций ЛСЗ на примере ЛСЗ детали «Внутренняя панель двери»: а – упрощенная схема детали; б, в, г – применяемые конструкции ЛСЗ; д – оптимальная конструкция ЛСЗ; е – перспективная конструкция ЛСЗ

Наиболее эффективным решением задачи может стать применение ЛСЗ, состоящих из большего числа заготовок и соответственно швов большей длины (рис. 1,е). При изготовлении этой ЛСЗ возможно дополнительное изменение толщин листов там, где

возможно, а также использование отходов заготовок. При этом процесс сварки должен быть экономичным, высокопроизводительным и обеспечивать изготовление швов необходимого качества. Например, только для обеспечения потребности в ЛСЗ для детали «Внутренняя панель двери» одной из моделей ОАО АВТОВАЗ суммарная длина швов составляет 1 170 тыс. м/год.

В мире наибольшее применение при изготовлении ЛСЗ находит тонколистовой прокат низкоуглеродистых сталей типа DC04 и St 1405. Отечественным аналогом этих сталей по классу прочности является низкоуглеродистая сталь 08Ю по ГОСТ 9045. В состоянии поставки микроструктура стали представляет собой вытянутые зерна феррита (твердость HV~100), окруженные сеткой цементита (твердость HV~1000) (рис. 2).

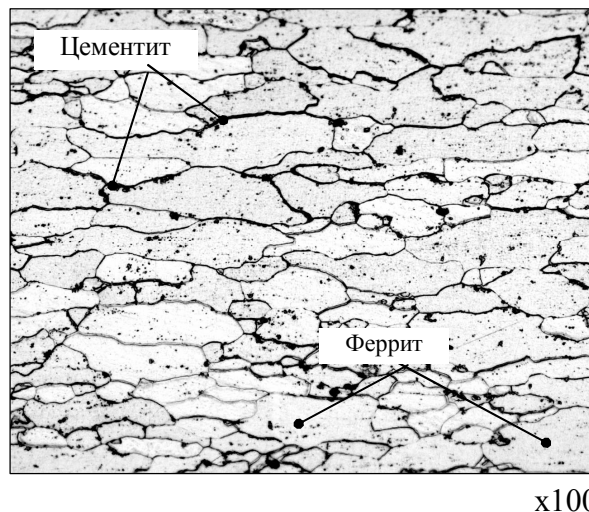


Рис. 2. Микроструктура стали 08Ю в состоянии поставки

Химический состав и механические свойства стали 08Ю приведены в табл. 1 и 2. Для получения указанного сочетания характеристик прочности и пластичности на металлургических комбинатах прокат из этой стали подвергают отжигу в печах непрерывного действия, либо в колпаках в среде азота: нагрев до температуры 800–850°C, изотермическую выдержку и замедленное охлаждение со скоростью  $\leq 30^\circ\text{C}/\text{час}$  [1]. В результате отжига сталь приобретает высокую пластичность, необходимую при вытяжке. При этом механические свойства отожженного листа изменяются относительно свойств нагартованного проката: в три раза увеличивается величина относительного уд-

линия, в полтора раза уменьшается предел прочности.

Таблица 1. Химический состав стали 08Ю

| Массовая доля элементов, % |      |       |       |      |    |
|----------------------------|------|-------|-------|------|----|
| C                          | Mn   | S     | P     | Si   | Al |
| не более                   |      |       |       |      |    |
| 0,07                       | 0,35 | 0,025 | 0,020 | 0,03 |    |

Таблица 2. Механические свойства стали 08Ю

| $\sigma_T$ ,<br>Н/мм <sup>2</sup> ,<br>не бо-<br>лее | $\sigma_B$ ,<br>Н/мм <sup>2</sup> | $\delta_{80}$ , %, не менее |           |           | HV <sub>0,2</sub> ,<br>не бо-<br>лее |
|--|-----------------------------------|-----------------------------|-----------|-----------|--------------------------------------|
|  |                                   | при толщине проката, мм     |           |           |                                      |
|  |                                   | >0,7                        | 0,7 - 1,5 | 1,5 - 2,0 |                                      |
| 185  | 250-350                           | 38                          | 40        | 42        | 100                                  |

Наибольшее применение находит тонколистовой прокат в диапазоне толщин 0,8-1,8 мм при сочетаниях 1:1-1:2,3, размеры ЛСЗ составляют от 0,2 м x 0,4 м до 1,5 м x 3,0 м, длина непрерывных швов может достигать от 0,2 м до 3,0 м. Швы ЛСЗ выполняются встык за один проход автоматической сваркой. Свариваемость стали 08Ю не имеет ограничений, поэтому АрДС ЛСЗ можно выполнять без дополнительных мероприятий. При разработке технологии сварки необходимо учитывать характерные особенности АрДС встык деталей из тонких листов:

- чувствительность процесса к колебаниям теплового и силового режимов в сварочной ванне под действием возмущений, существенные остаточные сварочные напряжения, приводящие к короблению изделия, прожогам и непроварам;
- существенное влияние зазора в стыке при сборке под сварку на качество геометрии шва, особенно на большой длине шва – при чрезмерном увеличении зазоров происходит уменьшение несущего сечения шва и образуются прожоги;
- асимметрия температурных полей из-за неравномерного распределения теплоты относительно стыка при АрДС ЛСЗ из листов разной толщины.

Традиционными мероприятиями по устранению деформаций, прожогов и непро-

варов при выполнении АрДС тонких листов является применение водоохлаждаемой сборочной оснастки с прижимом листов по всей длине стыка, применение системы автоматического регулирования параметров сварки и положения горелки по стыку, а при АрДС листов разной толщины обеспечение требуемого тепловложения в толстый и тонкий листы путем смещения дуги относительно стыка на толстый лист. Проблемы, связанные с зазором при сборке, целесообразно устранить за счет обеспечения точной резки листов, т.к. применение присадки, в т.ч. когда присадкой является кромка основного металла, приводит к увеличению толщины шва и снижению деформационной способности швов.

В связи с последующей ХЛШ к геометрии швов ЛСЗ предъявляются более жесткие, чем в стандартах на сварные соединения, требования:

- недопустимо изменение толщины несущего сечения шва ЛСЗ более 10% от толщины листа, т.к. при штамповке происходит перераспределение трения и напряжений с концентрацией их в области шва, приводящих к локализации деформаций и снижению штампуемости;
- смещение листов в плоскости друг относительно друга более 10% от толщины недопустимо, т.к. обтяжка ЛСЗ по пуансону будет неравномерной, что также приведет к локализации деформаций.

Кроме того, штамповка ЛСЗ отличается от обычных заготовок листового проката анизотропией свойств металла в месте расположения шва, что связано с изменением структуры и механических свойств металла шва. Исследователями [2] указывается, что деформационная способность ЛСЗ в области шва для исследуемого класса сталей в среднем уменьшается на 25-30% по сравнению с основным металлом из-за образования мартенсита и бейнита в структуре литой зоны шва.

С учетом анализа конструктивных особенностей, требований к швам и условий сварки АрДС ЛСЗ анализ существующих решений в области сварки ЛСЗ проводили по следующим направлениям:

- деформационное поведение швов ЛСЗ при ХЛШ;
- влияние параметров сварки на штампуемость швов ЛСЗ;

- способы повышения производительности АрДС, наиболее эффективные с учетом особенностей ЛСЗ.

Известно, что штампуемость деталей из ЛСЗ, выполненных ЛС из исследуемого тонколистового проката сталей DC04 и St 1405 определяется свойствами металла шва при его сонаправленности с наибольшей главной деформацией (НГЛ), при условии расположения шва под прижимом с обеих сторон [5, 6]. В остальных случаях деформирование осуществляется за счет основного металла, соответственно уровень предельных деформаций определяется свойствами листового проката. За счет учета этой особенности удастся существенно повысить качество штампуемых деталей из ЛСЗ [3]. Однако в литературе отсутствуют данные об исследованиях деформационной способности ЛСЗ из стали 08Ю, имеющей несколько отличный от импортных сталей химический состав (в частности по содержанию углерода, марганца, кремния), также отсутствуют данные, подтверждающие возможность применения имеющихся результатов исследований аналогичных импортных сталей для использования при изготовлении и ХЛШ ЛСЗ из стали 08Ю. Также отсутствуют систематизированные исследования деформационного поведения и предельной деформации ЛСЗ, выполненных АрДС.

Отдельно необходимо рассмотреть деформационное поведение ЛСЗ из листов разной толщины и прочности. При анализе штампуемости ЛСЗ применяются технологические пробы по методу Марчиньяка, Наказимы, Свифта, Эриксона и др. [3]. Однако при испытаниях ЛСЗ с применением этих методов происходит смещение шва в сторону более толстого или прочного листа. Т.о. схема деформирования искажается и применяемые способы исследований не позволяют оценить уровень предельных деформаций металла шва разнотолщинной ЛСЗ и соответственно определять качество швов ЛСЗ. Следовательно, необходимо разработать методы испытаний разнотолщинных ЛСЗ без искажения схемы деформирования, исследовать деформационное поведение ЛСЗ из тонколистового проката стали 08Ю, выполненных АрДС.

Параметры сварки оказывают определяющее влияние на механические свойства швов ЛСЗ в связи с прямой зависимостью

скорости охлаждения металла от скорости сварки. При исследовании механических свойств установлено, что микротвердость в поперечном сечении шва ЛСЗ из исследуемой стали имеет нормальное распределение – пиковое значение в центральной части литой зоны шва и минимум в основном металле [3, 4]. К.Блатт, М.Ши и К.Азума [5-7] указывают на прямое влияние микротвердости на штампуемость. В частности, К.Блаттом установлена линейно убывающая зависимость глубины вытяжки колпачка по Эриксену при увеличении пикового значения микротвердости шва, выполненного контактной шовной сваркой с раздавливанием кромок (КШС) (рис. 3).

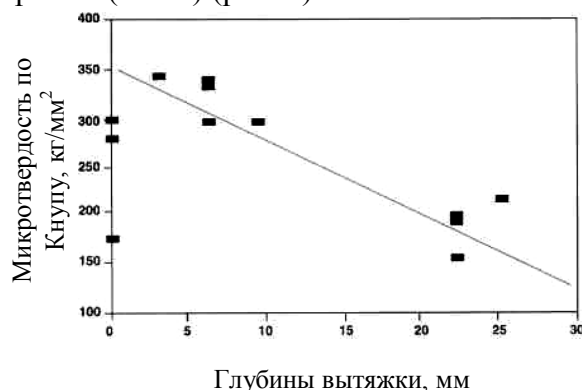


Рис. 3. Зависимость глубины вытяжки колпачка по Эриксену при изменении максимальной микротвердости металла шва, выполненного КШС [7]

Пиковое значение микротвердости  $HV_{0,2}$  при выполнении швов лазерной сваркой в аргоне (ЛС) составляет  $230-250 \text{ Н/мм}^2$ , а АрДС  $160-180 \text{ Н/мм}^2$ , однако глубина вытяжки колпачка швов ЛС выше на 20-30% по сравнению с АрДС [8]. При сравнении площади поперечного сечения швов выявлено, что площадь сечения швов ЛС меньше в  $2,0 \div 2,5$  раза, чем при АрДС, что доказывает существенное влияние размеров шва на штампуемость. С другой стороны, авторами [9] указывается на снижение глубины вытяжки колпачка при ЛС по сравнению с широкими швами, выполненными КШС, при схожей по пиковой величине и распределению микротвердости со швами АрДС (рис. 4).

С учетом вышесказанного деформационная способность швов ЛСЗ из указанных сталей определяется площадью поперечного сечения шва и микротвердостью металла, а также отклонениями геометрии швов относительно составляющих ЛСЗ листов. Необ-

ходимо стремиться к уменьшению этих параметров.

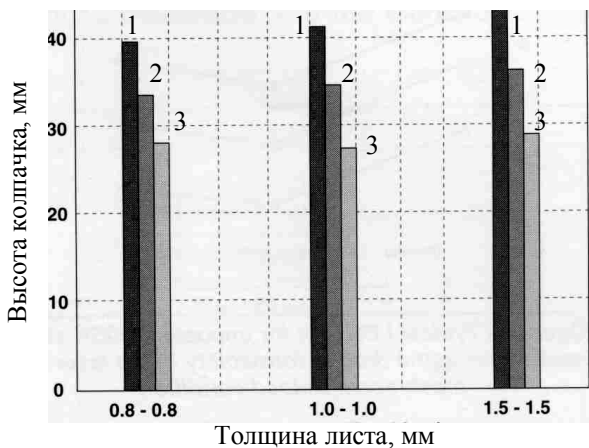


Рис. 4. Зависимость глубины вытяжки колпачка от способа сварки: основной металл (1) и ЛСЗ из стали St1405, выполненные КШС (2), ЛС (3) [10]

Эти параметры зависят от теплофизической обстановки в сварочной ванне. При увеличении скорости АрДС поперечное сечение шва сужается, что должно положительно повлиять на штампуемость ЛСЗ. Однако при увеличении скорости АрДС кратер от давления дуги смещается на фронт кристаллизации сварочной ванны и дефекты геометрии (подрезы, превышения выпуклости и провисание) увеличиваются. Также увеличивается скорость охлаждения металла, что приводит к увеличению его микротвердости.

Одним из мероприятий по обеспечению требований по геометрии швов ЛСЗ является механическая раскатка швов до толщины основного металла, широко применяемая, в частности, при КШС ЛСЗ. Однако при этом вследствие наклепа микротвердость возрастает в 1,5-2 раза [3] (рис. 5), что приводит в итоге к снижению штампуемости ЛСЗ (рис. 6). Поэтому эта технология сейчас ограничено применяется в промышленности.

Другим вариантом исправления формы шва является механическая обработка резанием, в основном шлифование [11]. Однако применение абразивного инструмента существенно снижает культуру производства, особенно при выполнении ЛС, а также требует существенных затрат, поэтому это решение также широкого распространения не получило.

Применение термической обработки сварного шва существенно снижает производительность при изготовлении ЛСЗ и хотя уменьшает пиковое значение микротвердо-

сти, но приводит к увеличению зоны термического влияния, что также неблагоприятно сказывается на штампуемости.

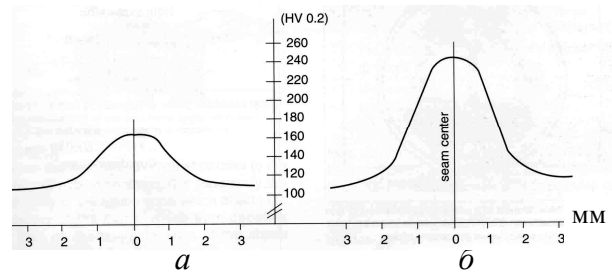


Рис. 5. Влияние раскатки на микротвердость сварного шва [9]: а – без раскатки, б – после раскатки

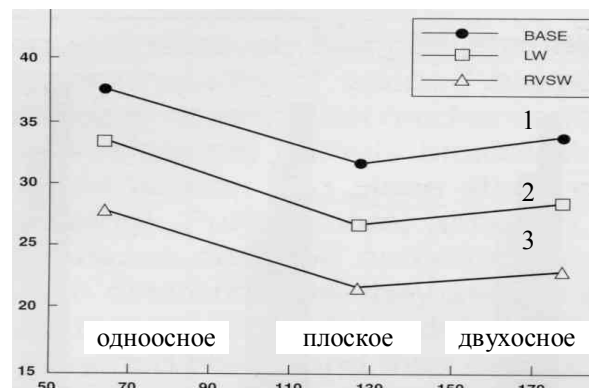


Рис. 6. Кривые предельных деформаций для основного металла марки DQSK ф. «Sollac» (Франция) и ЛСЗ из него, выполненные ЛС и КШС с раскаткой шва [10]: 1 – основной металл; 2 – ЛС; 3 – КШС

Применение водоохлаждаемого приспособления с прижимом по всей длине стыка позволяет существенно улучшить отвод теплоты, уменьшить ширину ЗТВ. Однако при этом литая зона шва практически не уменьшается, а микротвердость ее увеличивается пропорционально скорости теплоотвода. Сближению отводящих прижимов к шву препятствует перескок сварочной дуги на прижимные планки сборочного приспособления. В качестве общей рекомендации по снижению скорости охлаждения при сварке на водоохлаждаемом приспособлении является формирование корня шва без подкладки (на весу) для исключения захламления металла шва.

Сложности обеспечения формирования швов ЛСЗ с применением механической обработки, термообработки и ограниченный эффект при отводе теплоты в приспособление от шва привели к необходимости разработки технологии сварки, обеспечивающей формирование швов без отклонений и с минимальной микротвердостью.

С учетом необходимости минимизации ширины шва и микротвердости следует, что

наиболее эффективными являются режимы сварки с минимальной погонной энергией дуги и низкой скоростью охлаждения металла шва. Минимизация погонной энергии достигается при увеличении скорости сварки. Славиным Г.А. установлено, что в процессе сварки непрерывно горящей сварочной дугой, движущейся со скоростью выше 13 м/ч и увеличении сварочного тока до величины, обеспечивающей получение необходимой геометрии шва, происходит увеличение проплавляющей способности дуги без увеличения погонной энергии сварки [13] (рис. 7).

Другим вариантом уменьшения погонной энергии при АрДС является применение импульсной дуги [14, 15]. Однако при импульсной АрДС скорость сварки ограничивается в связи с необходимостью выполнения цикла периодического воздействия дуги. При увеличении частоты импульсов процесс, по сути, превращается в процесс с непрерывно горящей дугой.

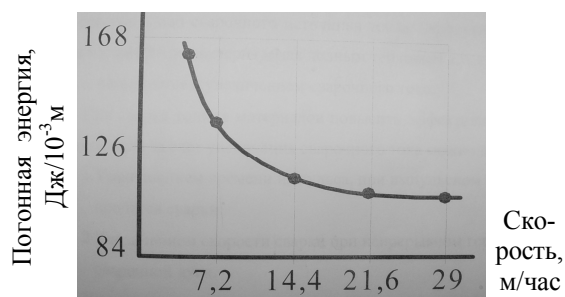


Рис. 7. Влияние скорости сварки на погонную энергию дуги

В результате анализа влияния параметров сварки на штампуемость швов ЛСЗ выявлено, что параметры АрДС оказывают неоднозначное влияние на качество — необходимо исследовать теплофизические особенности процесса АрДС ЛСЗ, рассмотреть их влияние на качество швов ЛСЗ.

Известны различные способы повышения производительности АрДС как за счет увеличения скорости сварки (изменение конструкции рабочей части неплавящегося электрода, изменение его пространственного положения, применение защитных газовых смесей, активирующих флюсов, применение механических колебаний, давления дополнительных газовых струй и др., изменяющих температурные и силовые поля от действия дуги в сварочной ванне) [16-22], так и за счет выполнения швов одновременно несколькими дугами (сварка на многопозиционных

сварочных автоматах равноудаленных участков шва ЛСЗ, многодуговые и многоэлектродные способы АрДС) [23, 24]. Использование одновременно нескольких единиц сварочного оборудования при АрДС экономически оправдано, т.к. его стоимость относительно низка. Одним из наиболее эффективных решений является применение способов многодуговой АрДС, при котором несколько дуг располагаются последовательно друг за другом с независимым питанием их током или параллельно подключенных к одному источнику, трехфазной дуги и др. В этом случае производительность сварки увеличивается за счет увеличения скорости сварки больше, чем при одновременной сварке несколькими равномерно разнесенными дугами. В частности указывается, что при АрДС трехфазной дугой тонких листов (до 2,0 мм) из алюминиевых сплавов удается увеличить производительность АрДС в 3-4 раза по сравнению с обычной АрДС одной дугой [25]. При такой схеме АрДС удается существенно уменьшить подрез за счет удлинения сварочной ванны и вывода фронта кристаллизации из - под кратера от давления дуги в сварочной ванне. Однако с учетом поставленной задачи минимизации ширины сварного шва использование трехфазной дуги нерационально, т.к. при использовании переменного тока форма рабочих участков электродов быстро переходит к каплевидной, что приводит к увеличению пятна нагрева на изделия, а значит наиболее эффективной будет двухдуговая АрДС (ДАрДС) с последовательным расположением двух дуг, включенных при прямой полярности с независимых источников питания, т.к. в этом случае можно независимо изменять мощность дуги и подобрать такое соотношение, чтобы обеспечить достижение поставленной задачи уменьшения скорости охлаждения металла шва. Однако в настоящее время отсутствуют рекомендации по выбору режимов способа, в частности расстояния между электродами и соотношения мощностей дуг, при которых будут обеспечиваться повышение производительности при исключении подреза и повышение пластичности металла шва при АрДС ЛСЗ. Следовательно, необходимо исследовать возможность повышения качества швов ЛСЗ и производительности с применением ДАрДС.

### Выводы

В результате анализа особенностей АрДС ЛСЗ и имеющихся исследований деформационного поведения швов ЛСЗ при ХЛШ, влияния параметров АрДС на качество швов ЛСЗ и способов повышения производительности АрДС аналогичных деталей установлены следующие задачи, решение которых позволит повысить производительность АрДС ЛСЗ при обеспечении требуемого качества швов:

1. Исследовать теплофизические особенности процесса АрДС ЛСЗ с применением физического и математического моделирования.
2. Разработать методы контроля качества сварных соединений ЛСЗ, в частности методы контроля уровня предельной деформации.
3. Исследовать качество сварных соединений ЛСЗ на соответствие техническим требованиям, в т.ч. при штамповке.
4. Разработать высокопроизводительные оборудование и технологию ДАрДС ЛСЗ, обеспечивающие получение сварных соединений ЛСЗ требуемого качества.

### Библиографический список

1. Бернадский, В.Н. Тонколистовые сварные составные заготовки – «Tailored Blanks» в автомобилестроении [Текст] / В.Н. Бернадский // Сварочное производство, 2001. №6. - С.15-30.
2. Хайруллин, Т.В. Эффективность применения листовых сварных заготовок при изготовлении детали «Внутренняя панель двери» автомобиля «Lada-Калина» [Текст] / Т.В. Хайруллин // Материалы в автомобилестроении: сб. докл. III международ. науч.-практ. конф. - Тольятти: ОАО АВТОВАЗ / ПО РИА. 2008. Ч. 1, - С. 141-146.
3. Welded blanks. Characterization and implementation [Text] / X. Bellut [et al.] // Sol-lac Usinor Group, 1998. - 92 p.
4. Хайруллин, Т.В. Свойства сварных соединений низкоуглеродистой стали 08Ю [Текст] / Т.В. Хайруллин, В.И. Столбов // Вестник СГАУ. 2006. Ч.2. №2. - С. 311-314.
5. Sheet metals in forming processes [Text] / K. Azuma [et al.] // Proc. 16th Congr. ASM International, Metal Park, 1988. - P. 205-215.
6. Formability of laser welded steel sheets [Text] / M. Yoshida [et al.] // NKK Technical review, №72, 1995. - P. 28-35.

7. Formability of mash seam welded blanks: effects of welding set-up conditions [Text] / K. Blatt [et al.] // International congress and exposition. Detroit. Michigan. 1995. - P.183-189.

8. Сравнение способности к пластической деформации сварных заготовок под штамповку [Текст] / Т.В. Хайруллин, В.И. Столбов, А.А. Гугунов [и др.] // Современное развитие автомобилестроения в России: сб. тр. всерос. науч.-техн. конф. - Тольятти: ТГУ. 2004. - С. 119-125.

9. Milian, J.L. Formability of tailored blanks for automotive applications [Text] / J.L. Milian, Y. Adonyi // 34th MWSP Conf. Proc., ISS AIME. Vol. XXX. 1993. - P. 83-91.

10. Siegert K. Fundamental research and draw die concepts for deep drawing of tailored blanks [Text] / K. Siegert, E. Knabe // International congress and exposition. Detroit, Michigan. 1995. - P. 159-169.

11. Разработка перспективных технологических штамповки листосварных разнотолщинных заготовок в ОАО «ГАЗ» [Текст] / С.Б. Климычев [и др.] // Кузнечно-штамповочное производство и обработка металлов давлением. 2004. №7. - С. 22-27.

12. Tailor welded blanks. Applications and manufacturing. A state-of-the-art survey // Auto/Steel Partnership. 1995. - 120 p.

13. Исследование тепловых процессов в жидком металле ванны при аргонодуговой сварке [Текст] / Г.А. Славин [и др.] // Сварочное производство. №6. 1977. - С. 3-5.

14. Славин, Г.А. Автоматическая сварка тонколистовой стали импульсной дугой в среде аргона [Текст] / Г.А. Славин, А.В. Петров // Сварочное производство. №2. 1962.

15. Рязанцев, В.И. Аргонодуговая сварка тонкостенных конструкций [Текст] / В.И. Рязанцев, В.Л. Федосеев // Сварочное производство - №9. 1998. - С. 28-32.

16. Паршин, С.В. Сварка по слою активирующего флюса [Текст] / С.В. Паршин // Дисс. ... канд. техн. наук - Тольятти. ТГУ. 2003. - 206 с.

17. Лапин, И.Е. Неплавящиеся электроды для дуговой сварки [Текст] / И.Е. Лапин, В.А. Косович - Волгоград, ВолгГТУ. 2001. - 190 с.

18. Влияние состава защитного газа и конструкции неплавящегося катода на проплавляющую способность дуги и формирование сварных швов [Текст] / А.В. Савинов,

В.И. Атаманюк, И.Е. Лапин [и др.] // Сварочное производство, 2009. - №12. - С. 39-43.

19. Петров, А.В. Вопросы дуговой сварки в среде защитных газов тонколистовых материалов [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / А.В. Петров – М.: МВТУ им. Баумана. 1969. - 234 с.

20. Ольшанский, А.Н. Влияние давления инертных газов на свойства сварочной дуги [Текст]: дис. ... докт. техн. наук / А.Н. Ольшанский – М.: МВТУ им. Баумана. 1971. - 286 с.

21. Синельников, Н.Г. Исследование процесса сварки тонколистовых конструкций дугой с различным термомеханическим воздействием на ванну [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Н.Г. Синельников – М.: МАТИ. 1980. - 254 с.

22. Дуговая сварка с воздействием на сварочную ванну направленных газоструйных потоков [Текст] / М.М. Штрикман, А.С. Павлов [и др.] // Сварочное производство - №12. 1999. - С. 3 – 6.

23. Володин, В.С. Разработка и внедрение в промышленность многоэлектродных способов дуговой сварки [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / В.С. Володин – М.: МВТУ им. Баумана. 1959. - 248 с.

24. Теория сварочных процессов: уч. для вузов [Текст] / Под ред. В.В. Фролова – М.: Высш. шк. 1988. - 559 с.

25. Столбов, В.И. Высокоскоростная сварка тонких листов из алюминиевых сплавов [Текст] / В.И. Столбов, Г.В. Осянкин // Сварочное производство - №3. 1973. - С. 14-16.

## **APPLICATION OF TAILORED WELDED BLANKS IN AEROSPACE AND AUTOMOTIVE INDUSTRIES**

© 2011 T. V. Khayrullin, V. I. Stolbov

Togliatti State University

Analyzed actual development in application and manufacturing tailored welded blanks for cold stamping (TWB) parts in airspace and automotive industries. Represented basic possibilities to increase of effectiveness of implementing TWB by high-producing welding technologies and determined basic tasks of realization it.

*Tailored welded blanks, TIG welding, cold sheet stamping.*

### **Информация об авторах**

**Хайруллин Тимур Вахитович**, аспирант кафедры «Оборудование и технология сварочного производства и пайки» Тольяттинского государственного университета. E-mail: [timur\\_1977@inbox.ru](mailto:timur_1977@inbox.ru). Область научных интересов: теплофизика сварочных процессов и технологии.

**Столбов Владимир Иванович**, доктор технических наук, профессор-консультант кафедры «Оборудование и технология сварочного производства и пайки» Тольяттинского государственного университета. E-mail: [V.I.Stolbov@yandex.ru](mailto:V.I.Stolbov@yandex.ru). Область научных интересов: теплофизика сварочных процессов и технологии.

**Khayrullin Timur Vachitovich**, post-graduate student of the sub-faculty “Machines and technology of the welding production” of Togliatti State University. E-mail: [timur\\_1977@inbox.ru](mailto:timur_1977@inbox.ru). Area of research: thermal physics of welding processes and technologies.

**Stolbov Vladimir Ivanovich**, doctor of the technical sciences, professor-consultant of the sub-faculty “Machines and technology of the welding production” of Togliatti State University. E-mail: [V.I.Stolbov@yandex.ru](mailto:V.I.Stolbov@yandex.ru). Area of research: thermal physics of welding processes and technologies.