

ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАЗЛИЧНЫХ СПОСОБОВ СОЕДИНЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ КУЗОВА АВТОМОБИЛЯ

© 2016

А.Ю. Краснопецев, кандидат технических наук, доцент,
заведующий секцией «Пайка» кафедры «Сварка, обработка материалов давлением и родственные процессы»

И.А. Гуренков, инженер, магистрант
Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)

К.А. Матосов, магистр, инженер
ОАО «АВТОВАЗ», Тольятти (Россия)

И.В. Краснопецева, доктор экономических наук, доцент,
профессор кафедры «Управление инновациями и маркетинг»
Тольяттинский государственный университет, Тольятти (Россия)

Ключевые слова: кузов автомобиля; способы соединения узлов кузова; сварка и пайка; технико-экономические показатели.

Аннотация: Широко применяемые в зарубежном автомобилестроении и обладающие рядом технических преимуществ новые способы соединения узлов кузова на Волжском автозаводе не используются. Среди основных причин этого, как правило, называется применение дорогостоящих материалов и оборудования. В связи с этим в данной работе приводятся результаты укрупненных расчетов ряда удельных экономических показателей, которые позволяют сравнить традиционные и перспективные способы соединения между собой. Сравнивались удельные показатели трудоемкости, производительности, капитальных вложений, а также технологическая себестоимость получения одного метра соединения при использовании точечной контактной сварки, сварки в углекислом газе, газопламенной пайки, лазерной сварки, дуговой и лазерной пайки. Расчеты проводились отдельно для соединений малой и большой протяженности. Показано, что новые для отечественного автомобилестроения способы соединения экономически вполне конкурентоспособны по отношению к традиционно используемым способам. С учетом технических показателей сформулированы рекомендации по выбору способа соединения.

Наблюдающаяся тенденция замены газопламенной пайки может быть объяснена высокой трудоемкостью и технологической себестоимостью этого способа соединения. Однако замена газопламенной пайки на сварку в углекислом газе является неравноценной, прежде всего с точки зрения качества. Наиболее подходящим способом соединения деталей кузова для коротких участков, где требуется герметичность, хороший внешний вид и качество шва, является дуговая пайка.

Для получения соединений большой протяженности перспективным способом является лазерная пайка, обеспечивающая максимальную производительность и минимальную технологическую себестоимость из всех рассмотренных способов соединения, при этом удельные капитальные вложения сопоставимы с другими рассмотренными способами.

ВВЕДЕНИЕ

Автомобиль должен обеспечивать три основные группы показателей, связанные с удобством перемещения (скоростью, маневренностью), безопасностью и комфортом. Применительно к кузову автомобиля это означает выполнение многих, иногда противоречивых требований, например снижения массы и повышения жесткости конструкции. С другой стороны, автопроизводители руководствуются стремлением снизить себестоимость изготовления автомобиля и кузова в частности. Основными направлениями, позволяющими совершенствовать конструкцию кузова, являются применение новых материалов и применение новых технологий соединения деталей кузова [1; 2]. В современном автомобилестроении при изготовлении узлов кузова и их соединении между собой используются различные способы сварки и пайки. На Волжском автомобильном заводе это прежде всего точечная контактная сварка, а также дуговая сварка в CO_2 и газопламенная пайка, как правило, с газовым флюсом [3]. В зарубежном автомобилестроении все большее применение находят новые технологии, такие как дуговая пайка, лазерная сварка и пайка [4–11]. В связи с высокой концентрацией нагрева, а при пайке – и с более низкими температу-

рами, эти способы соединения позволяют обеспечить высокую производительность при малых деформациях и минимальном воздействии на поверхность соединяемых деталей. Данные способы находят применение и при соединении новых материалов в однородном и разнородном сочетаниях [12–15], и особенно – деталей из материалов с предварительно нанесенными покрытиями [16–21].

На Волжском автозаводе работы зарубежных автопроизводителей хорошо известны, неоднократно проводились и собственные исследования возможностей применения новых способов соединения [22–25], получен ряд положительных результатов, однако до их серийного применения дело не доходит. Причинами этого, кроме известных трудностей предприятия, обычно называются недостаточная точность заготовок (следует отметить, что в последние годы, в связи с переходом на математическое моделирование, точность существенно повысилась), а также большие затраты на оборудование и высокая стоимость применяемых материалов. Для сравнительной оценки традиционных и перспективных способов соединения были проведены расчеты ряда удельных экономических показателей.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Сравнивались между собой шесть способов соединения деталей кузова: точечная контактная сварка, сварка в CO_2 , газопламенная пайка, лазерная сварка, дуговая пайка, лазерная пайка. В качестве показателей для сравнения были выбраны удельная трудоемкость, максимальная годовая производительность одного комплекта оборудования, удельные капитальные затраты и удельная технологическая себестоимость. Удельные показатели определялись на 1 погонный метр соединения. При расчете затрат учитывали конструктивные особенности соединений: при точечной контактной сварке необходимо увеличение нахлестки для обеспечения расстояния от оси сварной точки до края листа не менее полутора диаметров точки во избежание краевого эффекта, при пайке и сварке плавлением этого не требуется. Все указанные способы соединения предусматривают местный нагрев, т. е. перемещение источника энергии относительно линии шва. Максимальная производительность при этом будет достигаться для длинномерных швов. При необходимости перехода от одного места соединения к другому производительность снижается. Поэтому расчеты проводили для двух случаев (условно для коротких и длинных швов): в первом случае считали, что соединение осуществляется без перерывов, а во втором, что после получения соединения на длине 100 мм происходит перемещение оборудования на следующий такой же участок. При проведении расчетов для каждого способа соединения принимали наиболее характерные для данной протяженности шва виды оборудования. Данные приведены в ценах 2014 года. Расчет проводился по методике [26].

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Удельная трудоемкость, т. е. время, необходимое для получения 1 метра шва при использовании того или

иного способа, зависит от времени, затрачиваемого на нагрев зоны соединения до требуемой температуры, формирование соединения, а также перемещение рабочего инструмента (горелки, клещей и др.) вдоль шва и от одного участка соединения к другому. Наиболее трудоемким способом (рисунок 1) оказалась газопламенная пайка, так как в связи со сравнительно низкой концентрацией вводимого в изделие тепла нагрев зоны соединения происходит медленнее, чем при использовании других источников нагрева. Наименее трудоемкими за счет высокой концентрации нагрева оказались лазерная пайка и лазерная сварка. Трудоемкость дуговой пайки ниже трудоемкости сварки в углекислом газе за счет более низкой температуры нагрева и большей скорости перемещения горелки. Для длинных швов выявленные закономерности проявляются более резко.

Производительность – показатель, обратный трудоемкости, поэтому, сравнивая годовую производительность одного комплекта оборудования для указанных способов соединения (рисунок 2), видим, что наиболее высокая производительность обеспечивается при лазерной пайке, далее в порядке убывания производительности следуют лазерная сварка, точечная контактная сварка, дуговая пайка, сварка в углекислом газе и газопламенная пайка.

Внедрение лазерной сварки и пайки требует больших капитальных затрат (рисунок 3). Современное универсальное оборудование для механизированной дуговой сварки в защитных газах, в том числе и выпускаемое в нашей стране, позволяет осуществлять и дуговую пайку. Поэтому внедрение дуговой пайки коротких швов не требует больших капитальных вложений. Для обеспечения высокой производительности при дуговой пайке длинномерных швов требуется также оборудование для перемещения горелки, и затраты возрастают; впрочем, аналогичная ситуация имеет место при сварке

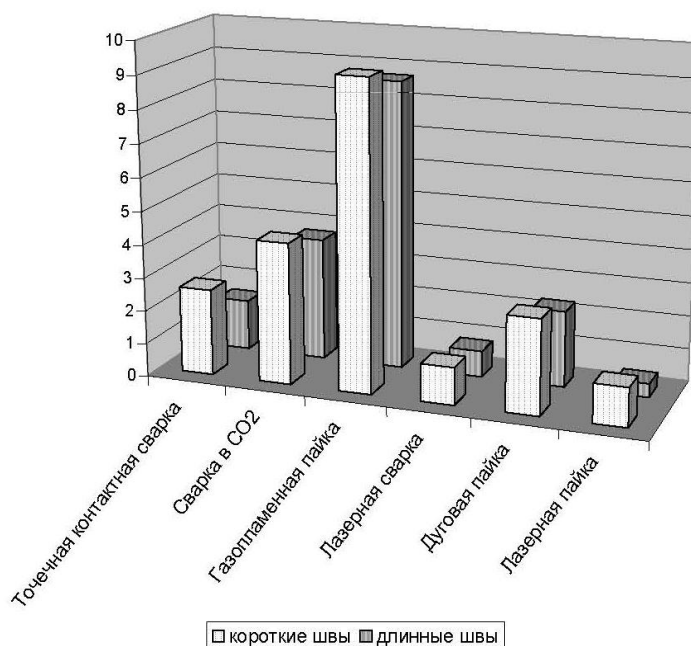


Рис. 1. Удельная трудоемкость получения соединения, мин./м

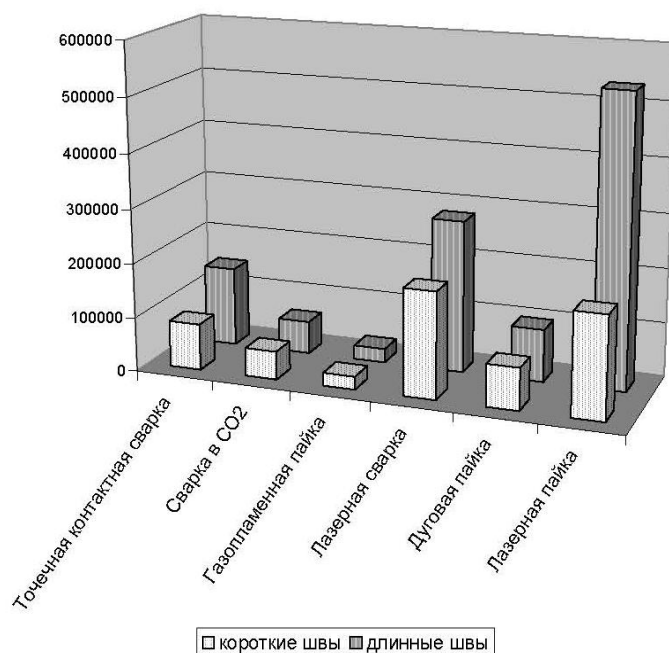


Рис. 2. Производительность одного комплекта оборудования, м/год

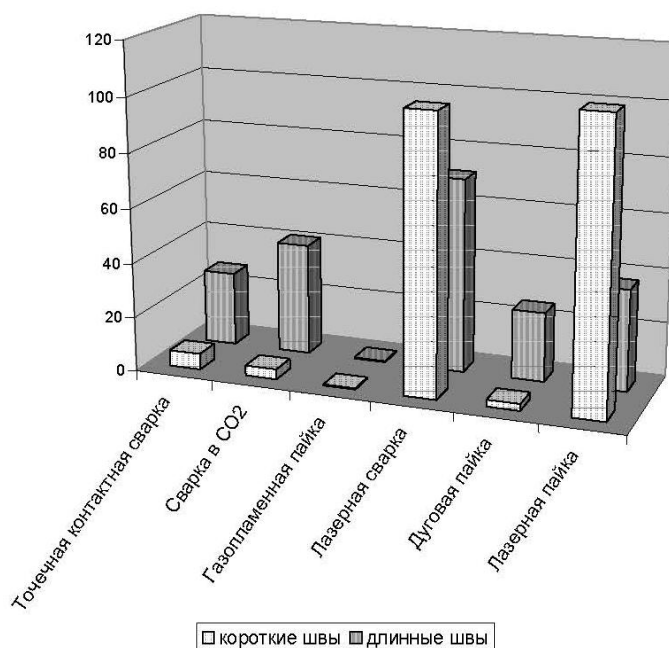


Рис. 3. Удельные капитальные затраты, руб./м

в углекислом газе и точечной контактной сварке. Минимальные затраты на оборудование – при газопламенной пайке.

Удельная технологическая себестоимость, т. е. стоимость одного метра шва, включает затраты на основной, технологические и вспомогательные материалы, технологическую энергию, воду для охлаждения, амортизацию, содержание и эксплуатацию оборудования, инструмента и приспособлений, занимаемую оборудованием площадь, заработную плату основных производственных рабочих с отчислениями на социальные нужды. В качестве условного изделия взято соединение

двух стальных полос толщиной 0,8 мм и шириной 125 мм (под контактную точечную сварку – 135 мм).

Большая доля затрат связана со стоимостью основного материала, поэтому различия между способами соединения по технологической себестоимости меньше, чем по другим рассмотренным показателям (рисунок 4). Тем не менее определенные выводы сделать можно. Так, выясняется, что, вопреки распространенному мнению, новые для российского автомобилестроения способы пайки в рассматриваемых случаях является вполне конкурентоспособными, а иногда и более экономически выгодными по отношению к традиционным

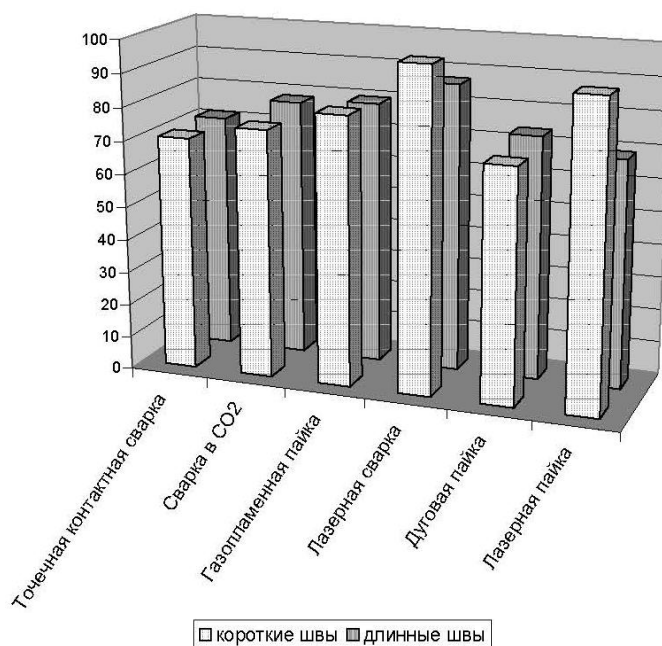


Рис. 4. Удельная технологическая себестоимость, руб./м

способам соединения. Для длинномерных швов минимальную технологическую себестоимость из всех рассмотренных способов обеспечивает лазерная пайка, а для коротких – контактная точечная сварка и дуговая пайка.

Пайка имеет и ряд технических преимуществ по сравнению со сваркой: меньшие остаточные напряжения и деформации, меньшие изменения свойств основного материала и покрытий, хороший внешний вид соединений (не требуется доработки перед окраской); по сравнению с точечной контактной сваркой – обеспечение герметичности.

При выборе оптимального способа соединения в каждом конкретном случае необходимо учитывать условия эксплуатации и требования к соединению. Пайка соединений кузова на Волжском автомобильном заводе обычно использовалась для участков, где требуется герметичность и защита от попадания влаги. В настоящее время, вероятно, в связи с высокой трудоемкостью и технологической себестоимостью газопламенной пайки, в ОАО «АВТОВАЗ» наблюдается тенденция замены этого способа соединения другими, в частности сваркой в углекислом газе. Такая замена является неравноценной прежде всего с точки зрения обеспечения качества, учитывая такие традиционные недостатки сварки в CO₂, как повышенное разбрызгивание и потери электродного металла, коробление, нарушение свойств покрытия [24]. Гораздо более логичным представляется переход на дуговую пайку. Можно возразить, что современные способы управления переносом металла через дуговой промежуток, в частности СМТ-технология (Cold Metal Transfer) [27], существенно уменьшают разбрызгивание, но ведь их можно применять и при дуговой пайке [28], сохраняя все ее преимущества, – такой вариант на заводе успешно опробован.

С появлением технологии и оборудования для лазерной пайки в автомобилестроении появилась реаль-

ная альтернатива точечной контактной сварке для получения длинномерных швов. Следует отметить, что для некоторых соединений, выполненных точечной контактной сваркой, предусматривается герметизация мастикой или установка дополнительных облицовочных элементов – эти затраты в расчетах не учитывались.

ВЫВОДЫ И РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Обладающие рядом технических преимуществ новые для нашего автомобилестроения способы соединения деталей кузова являются экономически конкурентоспособными по отношению к традиционно используемым.

2. Наиболее подходящим способом соединения деталей кузова для коротких участков, где требуется герметичность, хороший внешний вид и качество шва, является дуговая пайка. При дуговой пайке затрачивается меньше времени, чем при газопламенной; производительность выше, чем у сварки в CO₂ и газопламенной пайки; удельная технологическая себестоимость на уровне контактной сварки и ниже, чем у всех других рассмотренных способов; для внедрения не требуются большие капитальные вложения.

3. Перспективным способом получения соединений большой протяженности является лазерная пайка. Производительность этого способа максимальная, а технологическая себестоимость для длинномерных швов минимальная из всех рассмотренных способов соединения; удельные капитальные вложения ниже, чем при лазерной сварке, и сопоставимы с другими рассмотренными способами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Победин А.В., Поляничков Ю.Н., Косов О.Д., Тескер Е.И. Технология автомобиле- и тракторостроения. М.: Академия, 2009. 352 с.
2. Кудрявцев С.М., Пачурин Г.В., Соловьев Д.В., Власов В.А. Основы проектирования, производства

- и материалы кузова современного автомобиля. Н. Новгород: НГТУ, 2010. 236 с.
3. Четверов О.Г. Состояние пайки на Волжском автозаводе // Пайка–2005: сб. трудов Междунар. науч.-техн. конф. Тольятти: ТГУ, 2005. С. 146–147.
 4. Opperbecke T., Fortain J.M., Ollig A. Neue Lösungen zum Fügen von verzinkten Feiblechen im Automobilbau durch Lichtbogenlöten und –schweißen // DVS-Ber. 2003. № 225. S. 353–360.
 5. Damschen K. MIG-Löten am OPEL Vectra C // Verkehrsunfall und Fahrzeugtechn. 2003. № 9. S. 207–210.
 6. Autohaus ersetzt erfolgreich MAG-Schweißen durch MIG-Löten // Schweiss & Prüftechnik. 2005. № 7. S. 105.
 7. Dilthey U. Latest developments and applications of GMA brazing // BID ISIM. 2005. № 3. P. 2–12.
 8. Mucha M., Dubský R. MIG spajkovanie pozinkovaných plechov v automobilovom priemysle // ZVARANIE – SVAROVANI. 2003. № 9-10. P. 200–204.
 9. Schubert H., Hauser S. Laserstrahlhartlöten mit Festkörperlaser – Status und Ausblick // Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen: Vorträge und Posterbeiträge des 7 Internationalen Kolloquiums. Aachen, 2004. S. 205–206.
 10. Hoffmann P., Kugler P., Schwab J. Prozess- und Systemtechnik für das Laserstrahlhartlöten // Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen: Vorträge und Posterbeiträge des 7 Internationalen Kolloquiums. Aachen, 2004. S. 207–210.
 11. Wilden J. Löten als Schlüssel zum ressourcen- und energieeffizienten Fügen im Produktlebenszyklus // Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen: Vorträge und Posterbeiträge des 9 Internationalen Kolloquiums. Aachen, 2010. S. 159–163.
 12. Wesling V., Schram A., Kessler M. Auswirkungen von Prozessbedingungen beim Lichtbogenlöten auf die Schwingfestigkeit hochfester Stahlfeibleche // Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen: Vorträge und Posterbeiträge des 9 Internationalen Kolloquiums. Aachen, 2010. S. 164–168.
 13. Bruckner J., Himmelbauer K., Hackl H. Der CMT-Prozess und seine Möglichkeiten, im speziellen das Fügen von Stahl mit Aluminium Leichtbauwerkstoffen // Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen: Vorträge und Posterbeiträge des 7 Internationalen Kolloquiums. Aachen, 2004. S. 201–204.
 14. Haferkamp H., Engelbrecht L., Ostendorf A., Bunte J., Cordini P. Laserstrahllöten von Tailored-Hybrid-Blanks aus nicht artgleichen Leichtbauwerkstoffen // Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen: Vorträge und Posterbeiträge des 7 Internationalen Kolloquiums. Aachen, 2004. S. 211–216.
 15. Saida K., Song W., Nishimoto K. Laser brazing of aluminum alloy to steels with aluminum filler metals // Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen: Vorträge und Posterbeiträge des 7 Internationalen Kolloquiums. Aachen, 2004. S. 232–237.
 16. Wilden J., Bergmann J.P. Niedrigtemperatur-Laserstrahllöten von verzinkten Stählen // Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen: Vorträge und Posterbeiträge des 7 Internationalen Kolloquiums. Aachen, 2004. S. 217–222.
 17. Kreimeyer M., Wagner F., Vollertsen F. Einfluß von Zinkbeschichtungen beim Laserstrahlfügen von Aluminium-Stahl-Überlappverbindungen // Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen: Vorträge und Posterbeiträge des 7 Internationalen Kolloquiums. Aachen, 2004. S. 223–227.
 18. Sejc P. Optimalizácia vybraných parametrov oblúkového MIG/MAG spájkovania pozinkovaných plechov // ZVARANIE – SVAROVANI. 2004. № 3. P. 57–63.
 19. Bilić D., Jardas V., Lazarić N. Tvrdo lemljenje pocinčanih cijevi bez oštećenja sloja cinka (Strukovni članak) // ZAVARIVANJE. 2003. № 5-6. P. 163–166.
 20. Chejchman Z., Klimek L. Złącza blach ocynkowanych lutospawane metodą MIG // PRZEGLAD SPAWALNICTWA. 2004. № 12. P. 13–14.
 21. Rozanski M., Gawrysiuk W. Lutospawanie MIG/MAG blach ocynkowanych i przykłady trudno spawalnych układów materiałowych // PRZEGLAD SPAWALNICTWA. 2007. № 9. P. 7–12.
 22. Гугунов А.А., Рузаев Д.Г. Поиск способов соединения горловины и трубок с корпусом автомобильного топливного бака из горячешламинированной стали // Пайка–2005: сб. трудов Междунар. науч.-техн. конф. Тольятти: ТГУ, 2005. С. 20–27.
 23. Поливанов Ю.В., Рузаев Д.Г., Краснопецев А.Ю. Возможности применения аргонодуговой пайки при изготовлении кузова автомобиля в ОАО «АВТОВАЗ» // Пайка–2005: сб. трудов Междунар. науч.-техн. конф. Тольятти: ТГУ, 2005. С. 120–122.
 24. Черников Е.М., Четверов О.Г., Гребенников А.В. MIG-пайка на ОАО «АВТОВАЗ» // Пайка–2008: сб. материалов Междунар. науч.-техн. конф. Тольятти: ТГУ, 2008. С. 175–181.
 25. Черников Е.М., Краснопецев А.Ю. Оценка применимости технологии аргонодуговой пайки при производстве кузова автомобилей марки “LADA” // Пайка–2013: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. Тольятти: ТГУ, 2013. С. 278–287.
 26. Краснопецева И.В. Экономическая часть дипломного проекта. Тольятти: ТГУ, 2008. 40 с.
 27. Холодный перенос металла. Сварочная система для наиболее ответственных областей применения. URL: tctena.ru/stati/cmt.
 28. Хорунов В.Ф., Машковский Д.П., Зволинский И.В. Дуговая пайка припоями на основе цинка // Пайка–2013: сб. материалов междунар. науч.-техн. конф. Тольятти: ТГУ, 2013. С. 271–275.

REFERENCES

1. Pobedin A.V., Polyanchikov Yu.N., Kosov O.D., Tesker E.I. *Tekhnologiya avtomobile- i traktorostroeniya* [The technology of motor and tractor industry]. Moscow, Akademiya Publ., 2009. 352 p.
2. Kudryavtsev S.M., Pachurin G.V., Solovyev D.V., Vlasov V.A. *Osnovy proektirovaniya, proizvodstva i materialy kuzova sovremennogo avtomobilya* [The basics of designing, manufacturing and the materials of a modern car body]. N. Novgorod, NGTU Publ., 2010. 236 p.
3. Chetverov O.G. The quality of soldering at the Volzhsky automobile plant. *Sbornik trudov*

- mezhdunar. nauch.-tekhn. konferentsii "Payka-2005".* Togliatti, TGU Publ., 2005, pp. 146–147.
4. Opperbecke T., Fortain J.M., Ollig A. Neue Lösungen zum Fügen von verzinkten Feinblechen im Automobilbau durch Lichtbogenlöten und –schweißen. *DVS-Ber.*, 2003, no. 225, ss. 353–360.
 5. Damschen K. MIG-Löten am OPEL Vectra C. *Verkehrsunfall und Fahrzeugtechn.*, 2003, no. 9, ss. 207–210.
 6. Autohaus ersetzt erfolgreich MAG-Schweißen durch MIG-Löten. *Schweiss & Prüftechnik*, 2005, no. 7, ss. 105.
 7. Dilthey U. Latest developments and applications of GMA brazing. *BID ISIM*, 2005, no. 3, pp. 2–12.
 8. Mucha M., Dubský R. MIG spajkovanie pozinkovaných plechov v automobilovom priemysle. *ZVARANIE – SVAROVANI*, 2003, no. 9-10, pp. 200–204.
 9. Schubert H., Hauser S. Laserstrahlhartlöten mit Festkörperlaser – Status und Ausblick. *Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen: Vorträge und Posterbeiträge des 7 Internationalen Kolloquiums.* Aachen, 2004, ss. 205–206.
 10. Hoffmann P., Kugler P., Schwab J. Prozess- und Systemtechnik für das Laserstrahlhartlöten. *Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen: Vorträge und Posterbeiträge des 7 Internationalen Kolloquiums.* Aachen, 2004, ss. 207–210.
 11. Wilden J. Löten als Schlüssel zum ressourcen- und energieeffizienten Fügen im Produktlebenszyklus. *Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen: Vorträge und Posterbeiträge des 9 Internationalen Kolloquiums.* Aachen, 2010, ss. 159–163.
 12. Wesling V., Schram A., Kessler M. Auswirkungen von Prozessbedingungen beim Lichtbogenlöten auf die Schwingfestigkeit hochfester Stahlfeinbleche. *Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen: Vorträge und Posterbeiträge des 9 Internationalen Kolloquiums.* Aachen, 2010, ss. 164–168.
 13. Bruckner J., Himmelbauer K., Hackl H. Der CMT-Prozess und seine Möglichkeiten, im speziellen das Fügen von Stahl mit Aluminium Leichtbauwerkstoffen. *Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen: Vorträge und Posterbeiträge des 7 Internationalen Kolloquiums.* Aachen, 2004, ss. 201–204.
 14. Haferkamp H., Engelbrecht L., Ostendorf A., Bunte J., Cordini P. Laserstrahllöten von Tailored-Hybrid-Blanks aus nicht artgleichen Leichtbauwerkstoffen. *Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen: Vorträge und Posterbeiträge des 7 Internationalen Kolloquiums.* Aachen, 2004, ss. 211–216.
 15. Saida K., Song W., Nishimoto K. Laser brazing of aluminum alloy to steels with aluminum filler metals. *Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen: Vorträge und Posterbeiträge des 7 Internationalen Kolloquiums.* Aachen, 2004, ss. 232–237.
 16. Wilden J., Bergmann J.P. Niedrigtemperatur-Laserstrahllöten von verzinkten Stählen. *Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen: Vorträge und Posterbeiträge des 7 Internationalen Kolloquiums.* Aachen, 2004, ss. 217–222.
 17. Kreimeyer M., Wagner F., Vollertsen F. Einfluß von Zinkbeschichtungen beim Laserstrahlfügen von Aluminium-Stahl- Überlappverbindungen. *Hart- und Hochtemperaturlöten und Diffusionsschweißen: Vorträge und Posterbeiträge des 7 Internationalen Kolloquiums.* Aachen, 2004, ss. 223–227.
 18. Sejc P. Optimalizácia vybraných parametrov oblúkového MIG/MAG spajkovania pozinkovaných plechov. *ZVARANIE – SVAROVANI*, 2004, no. 3, pp. 57–63.
 19. Bilić D., Jardas V., Lazarić N. Tvrdo lemljenje pocinčanih cijevi bez oštećenja sloja cinka (Strukovni članak). *ZAVARIVANJE*, 2003, no. 5-6, pp. 163–166.
 20. Chejchman Z., Klimek L. Złącza blach ocynkowanych lutospawane metodą MIG. *PRZEGLAD SPAWALNICTWA*, 2004, no. 12, pp. 13–14.
 21. Rozanski M., Gawrysiuk W. Lutospawanie MIG/MAG blach ocynkowanych i przykłady trudno spawalnych układów materiałowych. *PRZEGLAD SPAWALNICTWA*, 2007, no. 9, pp. 7–12.
 22. Gugunov A.A., Ruzaev D.G. The search of methods of joining the neck and the tubes with the body of vehicle fuel tank made of hot aluminized steel. *Sbornik trudov mezhdunar. nauch.-tekhn. konferentsii "Payka-2005".* Togliatti, TGU Publ., 2005, pp. 20–27.
 23. Polivanov Yu.V., Ruzaev D.G., Krasnopevtsev A.Yu. The applicability of argon-arc soldering when producing a vehicle body at the PJSC "AVTOVAZ". *Sbornik trudov mezhdunar. nauch.-tekhn. konferentsii "Payka-2005".* Togliatti, TGU Publ., 2005, pp. 120–122.
 24. Chernikov E.M., Chetverov O.G., Grebennikov A.V. MIG-soldering at the PJSC "AVTOVAZ". *Sbornik materialov mezhdunar. nauch.-tekhn. konferentsii "Payka-2008".* Togliatti, TGU Publ., 2008, pp. 175–181.
 25. Chernikov E.M., Krasnopevtsev A.Yu. The assessment of applicability of argon-arc soldering technology when manufacturing the body of a "LADA" car. *Sbornik materialov mezhdunar. nauch.-tekhn. konferentsii "Payka-2013".* Togliatti, TGU Publ., 2013, pp. 278–287.
 26. Krasnopevtseva I.V. *Ekonomicheskaya chast' diplomnogo proekta* [The economic part of a diploma project]. Togliatti, TGU Publ., 2008. 40 p.
 27. Cold metal transfer. Welding system for critical application areas. URL: tctena.ru/stati/cmt.
 28. Khorunov V.F., Mashkovsky D.P., Zvolinsky I.V. Zinc brazing alloys arc soldering. *Sbornik materialov mezhdunar. nauch.-tekhn. konferentsii "Payka-2013".* Togliatti, TGU Publ., 2013, pp. 271–275.

**ENGINEERING AND ECONOMIC EVALUATIONS OF VARIOUS METHODS
OF JOINING CAR BODY PARTS**

© 2016

A.Yu. Krasnopevtsev, PhD (Engineering), Associate Professor,
Head of section "Soldering" of Chair "Welding, pressure materials processing and related processes"

I.A. Gurenkov, engineer, graduate student
Togliatti State University, Togliatti (Russia)

K.A. Matosov, master, engineer
Public Joint-Stock Company "AVTOVAZ", Togliatti (Russia)

I.V. Krasnopevtseva, Doctor of Sciences (Economics), Associate Professor,
professor of Chair "Innovation management and marketing"
Togliatti State University, Togliatti (Russia)

Keywords: car body; methods of joining the body units; welding and brazing; technical and economic performance.

Abstract: New methods of joining the body units widely used in foreign automotive industry and having a number of technical advantages are not used at the Volzhsky automobile plant. Among the major reasons, usually, the application of expensive materials and equipment are named. In this regard, this paper presents the results of the aggregated estimation of a number of specific economic indicators that allow comparing the traditional and the advanced methods of joining. The authors compared the indices of labor intensity, efficiency, and capital investments per unit, as well as the production cost of one meter of joining when applying spot welding, carbon dioxide welding, flame brazing, laser welding, arc and laser brazing. The calculations were carried out separately for short and elongated joints. It is shown, that the methods of joining new for the domestic automotive industry are quite competitive economically in relation to the traditionally used methods. Taking into account technical indicators, the authors formulated the recommendations on the selection of a method of joining.

The current tendency to replace flame brazing can be explained by the high labor intensity and production cost of this method of joining. However, the replacement of flame brazing with welding in carbon dioxide is unequal, principally in terms of quality. Arc brazing is the most suitable method of body parts joining for short sections where the leak tightness, good appearance and the quality of the weld are required.

To get the elongated joinings, laser brazing is the advanced method ensuring the maximum performance and minimum production cost in comparison with all the methods of joining considered, and the specific capital investments are comparable to other methods considered.