

Автоматическая TIG сварка закалённых алюминиевых сплавов

Ing. Karel KOVANDA

prof. Doc. Jan SUCHÁNEK CSc.

Введение

В этой статье речь идёт о TIGовой сварке закалённых алюминиевых сплавов сорта AlMgSi, которые обычно используются в транспортных средствах, и необходимом оборудовании для обустройства рабочих мест для этих целей. Так же авторы статьи рассматривают отдельно основные и дополнительные параметры качества сварки и способы их оптимизация.

Ключевые слова

Алюминий, закалённые алюминиевые сплавы, сварка, сварка TIG

1. Введение

Наиболее распространённым потребителем алюминия и его сплавов является транспортная промышленность (автомобильная, судостроительная, космическая и самолётостроение). В транспортной области преимуществом применения алюминиевых сплавов является его низкий вес, в сочетании с относительно большой прочностью и коррозионной стойкостью. При производстве новых транспортных средств необходимо удовлетворять требованиям в направлении улучшения использования топливной смеси (понижение затраты) и понижать уровень вредных выбросов выпускаемых автомобильным транспортом. В настоящее время использование алюминия и его сплавов для производства картера двигателя, головки блока цилиндров, приводов, колес, буферов, блоков кондиционирования воздуха, рулевых колес и целых кузовов.

При возрастании необходимости понижения расходов и повышение качества, в настоящее время постоянно больше используются в промышленности сварочные рабочие места, оборудованные промышленными роботами. В серийном производстве их пользование является особенно необходимым.

2. Путь к автоматической сварке

Универсальный промышленный робот имеет широкую область эксплуатации, например: манипуляция со сборочными единицами, нанесение красок и т.д. Использование промышленных роботов для сварки является одним из необходимых широко распространенных технологических решений, которое имеет целый ряд преимуществ. MIGовый метод сварки в отношении непрерывной подачи присадки является подходящим для механизации (однако метод TIG при помощи добавления присадки холодной проволоки можно тоже автоматизировать). Сварное соединение достигает высшей однородности при более низком количестве дефектов и повышении

производительности труда. Следующими преимуществами автоматизации и роботизации являются:

- улучшение чертёжи сварного шва,
- точная установка сварочной горелки улучшает привод защитного газа,
- меньше разрывов значит меньше дефектов,
- высшая скорость сварки ведёт к снижению затрат тепловой энергии, уменьшению деформаций, сужению зоны теплового воздействия,
- повышение сварочного тока ведёт к более глубокому провару и повышению сварочной скорости,
- понижение трудоёмкости и ремонта ведёт к повышению производительности труда, понижению расходов,
- высокая точность и повторяемость процесса,
- повышение безопасности труда,
- понижение ловкости сварщика компенсировано требованиями к опытным техникам-програмистам и к обслуживанию оборудования.

3. Лаборатория обучения технологии сварки на ЧВТУ в Праге

Главным основанием возникновения новой лаборатории является концентрация совместных средств (человеческих, машиностроительных и денежных) в новом центре оборудованном современными передовыми установками ведущих промышленных фирм в данной области. Эта лаборатория возникла на базе ранее существующего центра лазерных технологий – „Лазерный центр Прага“ работающего в 1992-2002 годах в Институте машиностроительной технологии на Машиностроительном факультете ЧВТУ в Праге под руководством профессора инженера Юрия Дуновского кандидата технических наук, IWE (инженер-специалист по сварке). Осуществляющая деятельность: Сварочный институт ЧВТУ в Праге, Центр обучения CWS-ANB, организующие все виды сварочных курсов начиная с основных (включая издание удостоверения сварщика), заканчивая курсами для высшего сварочного персонала (IWE, IWT, IWS).

Составной частью оборудования новой лаборатории является комплексный роботизированный центр применяющий методы дуговой сварки в защитных атмосферах (МИГ, ТИГ), рабочее место для микроплазменной сварки, включая автоматизацию для кольцевого типа сварного шва и различные типы плазменных источников для тепловой резки материалов.

Для осуществления проекта потребовалось тесное сотрудничество с целым рядом промышленных фирм – Migatronik, ESAB, EWM, Fronius, Linde gas, Messer Castolin Eutectic. Составной частью новой лаборатории является роботизированное место полностью предоставленное фирмой Мигатроник, которое способно использовать методы сварки (МИГ) включая сварку с помощью импульсного тока и сварку с помощью трубчатых электродов.

И ТИГ для сварки постоянным и переменным током при использовании подающего механизма холодной проволоки, это всё дополнено сенсорными системами и системой OFF-line программирования для симуляции производственного процесса.

Робот Японской фирмы FANUC ArcMate 100 iC отличается интегрированной системой управления движением тела робота подающего кабель горелки и использованием системы управляемого движения которая осуществляет взаимодействие движения робота. Технологию сварки осуществляет пара цифровых инверторных сварочных источников дополненных блоком преобразования сигнала для конструкции с управляющей системой робота.



Рис. 1 - Роботизированный комплекс для сварки на ЧВТУ в Праге

Использование двух сварочных источников для сварки ведёт к необходимости эффективно использовать сварочные горелки между отдельными технологическими операциями. Это удалось благодаря обмену станций, в которых после автоматического наезда робота можно обменять подающее устройство проволоки и сварочную горелку.

4. Закалённые алюминиевые сплавы типа бxxx

В этой статье речь идёт о сварке закалённых алюминиевых сплавов типа бxxx. Эти сплавы комплексные, содержат магний и кремний, меньше марганца, железо, медь. Алюминиевые сплавы типа AlMgSi входят в состав технических материалов, распространённых в использовании (в области средств транспорта). Эти сплавы используются в устройствах с средним напряжением, в конструкции самолётов, машин, в горном деле и т.д. Химическая устойчивость этих сплавов используется в химической и в пищевой промышленности. Некоторые страны предпочитают упомянутые сплавы алюминия другим алюминиевым сплавам, их использование в производстве всех сплавов иногда достигает даже 80%. Следующим преимуществом является хорошая свариваемость в защитных инертных газах.

Таб. 1 – Химический состав EN AW 6082

EN AW-6082 [Al Mg1Si1Mn]							
Mg	Si	Mn	Fe	Zn	Cu	Cr	Другие
0,6 – 1,2 %	0,7 – 1,3 %	0,4 – 1,0 %	< 0,5 %	< 0,2 %	< 0,1 %	<0,25 %	0,8 %
Прочность на сжатии (МПа)		Предел текучести (МПа)		Тягучесть A ₅₀ (%)		Твердость	Предел упругости (МПа)
Гарантир.	Типичная	Гарантир.	Типичная	Гарантир.	Типичная	Типичная	
295	350	240	305	8	11	105 HB	69000

Основным экспериментом был подвергнут алюминиевый сплав AlMgSi (по стандартам DIN 1725-1), который часто бывает обозначён под коммерческим названием Авиал, он сходный с EN AW-6082 (по ČSN EN 573-3) – использованной в состоянии Т6 (после закалённого), а после CR ISO 15608 входит в группу 23.1. Этот сплав имеет типичный химический состав и механические параметры указанные в таблице 1.

4.1 Проблемы при сварке алюминиевых сплавов

Использование алюминиевых сплавов в устройстве требует применения плавных процессов сварки. Сваркой понижаются механические свойства обработанных давлением алюминиевых сплавов. На свариваемость алюминия и его сплавов влияют различные показатели, требующие отдельного подхода к сварке по сравнению с обычно используемыми сталями.

По сравнению со сталями, на качество сварного шва оказывают влияние до высокой степени не только воздействие, но и метод сварки. Чаще всего используется дуговая сварка в инертных газах. Самые главные показатели, имеющие влияние на свариваемость алюминия и его сплавов являются: высокая аффинность к кислороду, высокий коэффициент линейного растяжения приводящий к значительным деформациям, и возникновению трещин. Чувствительность к нагреву ведёт к преципитации в зоне теплового воздействия, понижая одновременно механические свойства и устойчивость к коррозии. Серьёзной проблемой в процессе сварки алюминия является возникновение пор, которое в соответствии с абсорбцией и растворимостью газов алюминием. Присутствие загрязнений ведёт к возникновению легкоплавких эвтектических смесей, которые создают условия для возникновения горячих трещин. Состояние материала перед сваркой в значительной степени оказывает влияние на механические свойства в зоне теплового воздействия.

5. Выполнение эксперимента

Эксперимент для оптимизации свариваемых параметров ТИГовой сварки был реализован следующим методом. Сначала было необходимо обеспечить удовлетворительное крепление сварочного изделия – это осуществлено в проекте подходящего крепежного устройства. Все пробы были сварены швом без скоса кромок, плоская жёсть о размерах 3x600x440 мм, без предшествующего стежочка чтобы

результаты были сравнительными предшествующим исследовательским экспериментам осуществляющимися в ЧВТУ в Праге.

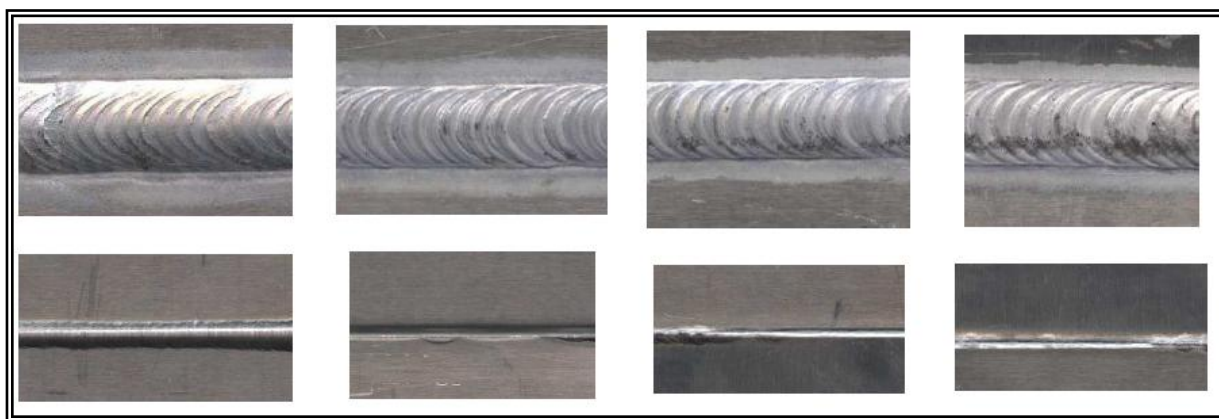
После приладки зажимого прибора были сварены испытательные образцы, которые были подвергнуты проверке неразрушающего испытания и методам для индикации поверхностных и подповерхностных дефектов [5]. Следующее приготовление узоров для тестирования измерения твердости, структурных изменений при помощи металлографических испытаний. Анализ макроструктуры и микроструктуры в сварных соединениях.

Во время сварки переменным током были исследованы эти параметры: характеристика влияния временного воздействия положительной и отрицательной полуволны, отношение сварочного тока в положительной и отрицательной полуволне, частота и предварительный нагрев электрода. Включением этих параметров можно найти оптимальные параметра для хорошего очистительного эффекта электрического тока и обеспечение качественного провара корня свариваемого шва. Это всё с учётом повышения эксплуатационной долговечности вольфрамового электрода.

При импульсной сварке было исследовано руководство кристаллизации сварного металла, влияние времени сварки и выдержки для всех сварочных токов (основной и воостановленный). Воостановленный ток был установлен по меньше чем основной. Период пульза был установлен в связи с качеством добавленной проволоки в сварочную ванну.

6. Результаты эксперимента

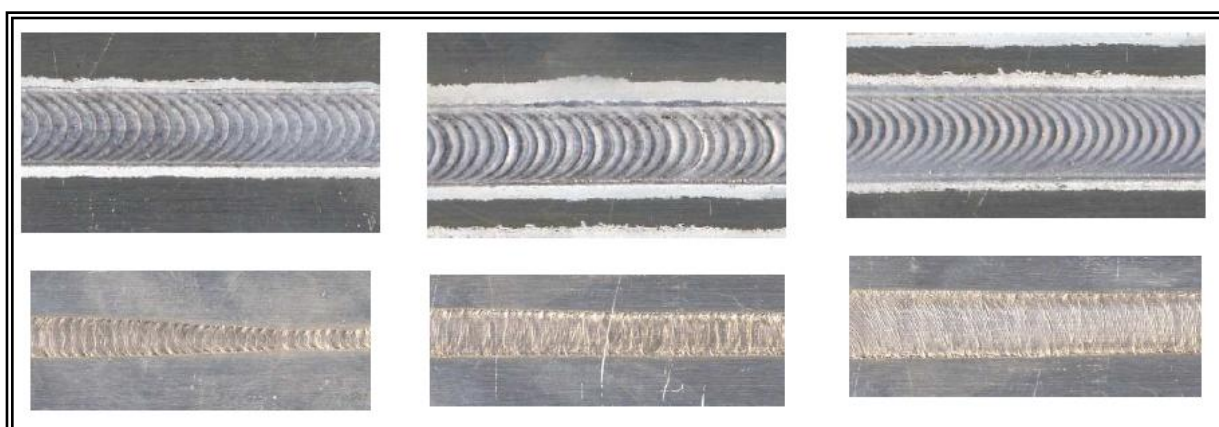
Оптимальным устоновлением функции „временный баланс“ является величина 60%, когда сварная поверхность была блестящая, без темных пятен и валик сварного шва перевышен, провар корня сварного шва удовлетворительный. При понижении этой величины происходит большая перегрузка вольфрамового электрода, уже при 50 процентах проявился перегрев и возникла опасность каплеподения вольфрама в сварочную ванну. Дуга горела неустойчиво и светове излучение было очень интенсивное. Наоборот повышение величины невозник качественный провар корня шва, так как не произашёл достаточный чистящий эффект электрической дуги (окисная плёнка запрещает горению электрической дуге). Тепловая мощность появилась недостаточной, поэтому было вынуждено повышать сварочный ток, чтобы проварить корень шва.



*Рис. 2 – Влияние функции временной балансции
(число частных узоров ТВ = 50, 60, 70, 80 %)*

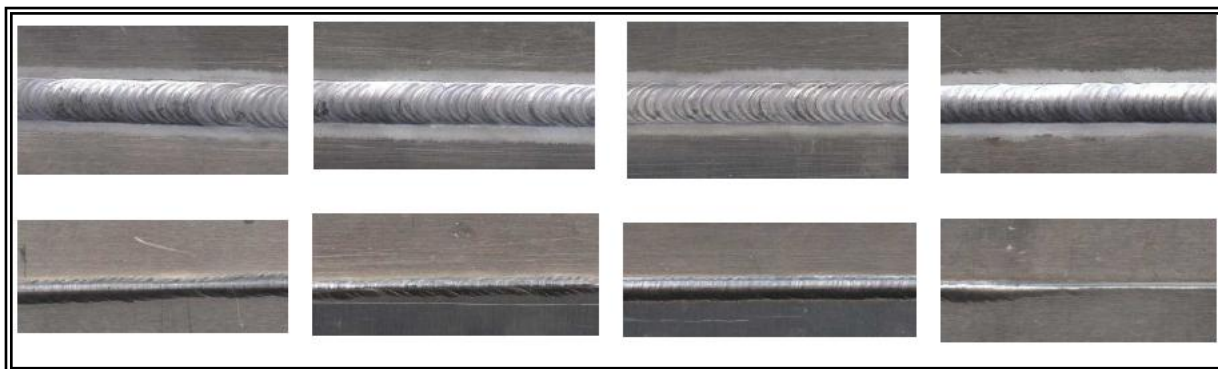
С понижающейся величиной зависимости тока (функция „токовый баланс“ равновесие электрического тока) ниже 100% доставляет меньше энергии для чистящего эффекта дуги (устранение окисной плёжки) но большая на проворение корня шва и свариваемых плоскостей. Следствием слишком низкой величины является небольшой провар и значительное превышении сварного валика, так как сварная ванна постоянно содержит окисную плёнку это значит что достаточное множество энергии не поступает в сварочную ванну.

С повышающейся величиной зависимости тока доставляется больше энергии для чистящего эффекта дуги чтобы поверхность была блестящая, без темных пятен и валик сварного шва перевышен. После того может быть добавление энергии по меньше, чтобы возник качественный провар корня сварного шва. Повышение тока в положительной волне ведёт к улучшению чистящего эффекта, но совместно ведёт к перегреву вольфрамового электрода. Поэтому надо найти оптимальную устоновку в связи с учётом к тщательной почистке сварочной ванны и опасности перегрузки электрода. Оптимальный размер параметра этого эксперимента 110%. Установка параметра на 130% ведёт к провалу валика.



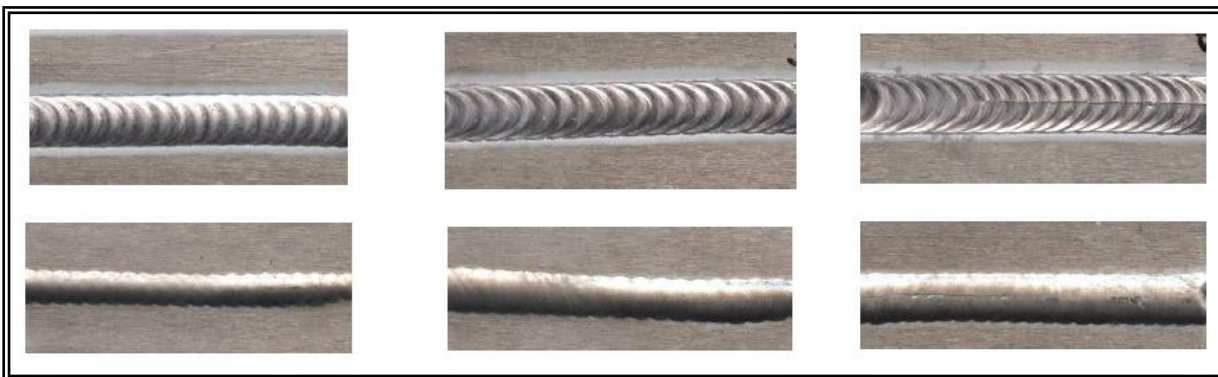
*Рис. 3 – Влияние функции токовый баланц
(число частных узоров I_{BAL} = 90, 110, 130 %)*

В процессе установки частоты сварочного тока было установлено, что нужно употребить параметр с 70 до 80 Hz. При низкой величине частоты 50 Hz провар корня шва значительный, наоборот при 80 Hz умеренное превышение сварного валика и достаточного провара корня шва. Надо найти оптимальную величину с максимальной сварочной мощностью, которая обеспечит достаточный чистящий эффект, количество внесенного тепла и оптимальный провар шва. Частотой оказываем влияние внесения тепла в сварочную ванну и скорость охлаждения сварочной ванны (кристаллизация). Для большой толщины материала надо употребить низкую частоту к достаточному провару корня шва и наоборот.



*Рис. 4 – Влияние функции частоты
(число частных узоров $f = 50, 65, 80, 100$ Hz)*

Пульсной сваркой можно управлять кристаллизацию путём временного воздействия основго и лимитированного сварочного тока. Время влияния пульса можно различно установить с 0,1s до 10s. От временной задержки пульса зависит прежде всего формирование возникающего шва и размер зоны под воздействием тепла. С увеличиванием влияния пульса добавляется больше тепловой энергии в сварочную ванну, расширяется зона теплового воздействия и провар корня шва. Повышение энергии ведёт к увеличению проволоки в сварочную ванну в противном случае возникает гроз писка возникновения трещин. Самым главным условием является достаточное количество сварного металла в сварочной ванне (эвтектическая смесь) чтобы запретить возникновение горячих трещин. В начале шва появились темные пятна, можно их минимизировать продолжением времени в начале сваривания и использованием качественных электродов.



*Рис. 5 – Влияние пульсации
(число частных узоров $t_{PH}, t_{PD} = 0,3-0,4; 0,4-0,4; 0,4-0,3$ s)*

7. Заключение

Роботизированная сварка алюминиевых сплавов имеет свои преимущества и неудобства по сравнению с ручной сваркой. В течение экспериментов было подвергнуто тестам и проверено несколько различных советов со стороны специалистов работающих на практике.

Можно привести следующие заключения: во время автоматической сварки является самым важным установка сварочной горелки и точность добавки проволоки в сварочную ванну, сорта и длина электрода, уклон сварочной горелки, расход газа и т.д..

При сварке алюминиевых сплавов ТИГом является очень важным регулировка основных параметров и следующих условий, прежде всего точное крепление изделия и пользование зажимных приборов, которые активно участвуют теплоотводом из поверхности образца. О многих сварочных параметрах, которые были исследованы и регулированы излагает предшествующая глава.

Это исследование возникло в проекте *SGS ČVUT 2010 – с номером OHK2-038/10*.

Список литературы:

- [1] Bareš, R., A. : *Kompozitní materiály*, SNTL, Praha, 1988
- [2] Alusuisse Swchweizerische Aluminium AG : *Schutzgasschweissen TIG und MIG von Aluminium Werkstoffen*, Zurich, 1991
- [3] Kolektiv autorů: *Technologie svařování a zařízení*, Zeross, Ostrava, 2001
- [4] Kolařík.L a kolektiv: *Vliv přídavného materiálu při MIG svařování vytvrditelných hliníkových slitin*, DST 2009, Vamberk, 2009
- [5] Kovanda, K.: *Robotické svařování vytvrditelných hliníkových slitin typu AlMgSi pomocí metody TIG*, DP ČVUT FS, Praha, 2009
- [6] Berka, J.: *Robotické svařování vytvrditelných hliníkových slitin typu AlMgSi pomocí metody MIG*, DP ČVUT FS, Praha, 2009
- [7] Kolařík, L.: *Laboratoř výuky svářečských technologií na ČVUT v Praze*, TM-DSSM č.1, Praha, 2009
- [8] FANUC Robotics Czech, s.r.o., V Parku 2294/4, 148 00 Praha 4, Česká republika, *Roboty Arc Mate 100iC* [online]. cit. [2009-03-12]