

1.1.1 Обработка зажигания микроплазменной дуги

Процесс зажигания дежурной, а затем и основной дуги требует точного поддержания параметров процесса в довольно узких пределах. При значениях сварочных токов и расхода газа, значительно превосходящих значения, указанные в Таблица 3.10 дуга зажигается легко и плазма держится стабильно. Рисунок 6.19 показывает изменение параметров процесса сварки во времени. В начальный момент после подключения оборудования напряжение $U=70\text{В}$, ток $I=0\text{А}$ (участок 1). На 10-ой секунде включается осциллятор и «поджигается» вспомогательная дуга и основная дуга. $U=13\text{В}$, $I=19\text{А}$ (участок 2). На 23-й секунде источник сварочного тока выключен.

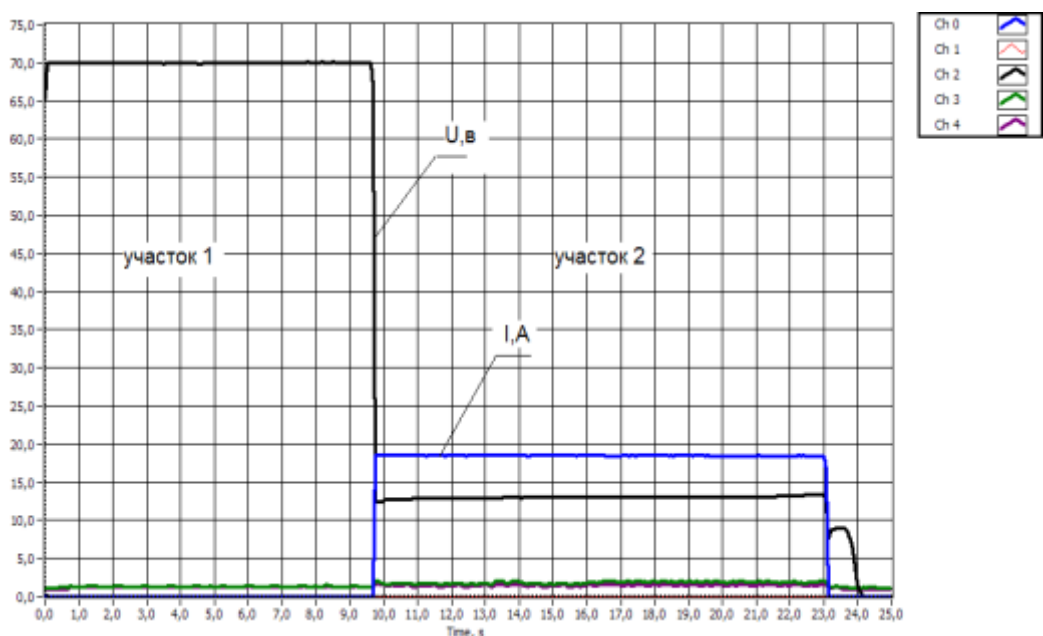


Рисунок 6.19. График изменения параметров сварки

Для обработки процесса зажигания основной и вспомогательной дуги использовалась массивная деталь, исключающая возможность ее расплавления Рисунок 6.20.



Рисунок 6.20. Вид микроплазменной дуги, горящей на массивном основании.

Бвло проведено несколько десятков опытов для определения возможности выключения дежурной дуги и обеспечения сварки только основной дугой. График одного из таких процессов показан на Рисунок 6.21. На графике видно, что с 4 по 6 секунду датчик тока измеряет суммарный ток дежурной и сварочной дуги. Однако, на 6 секунде источник дежурной дуги отключается и на изделии горит только одна сварочная микроплазменная дуга

Рисунок 6.22.

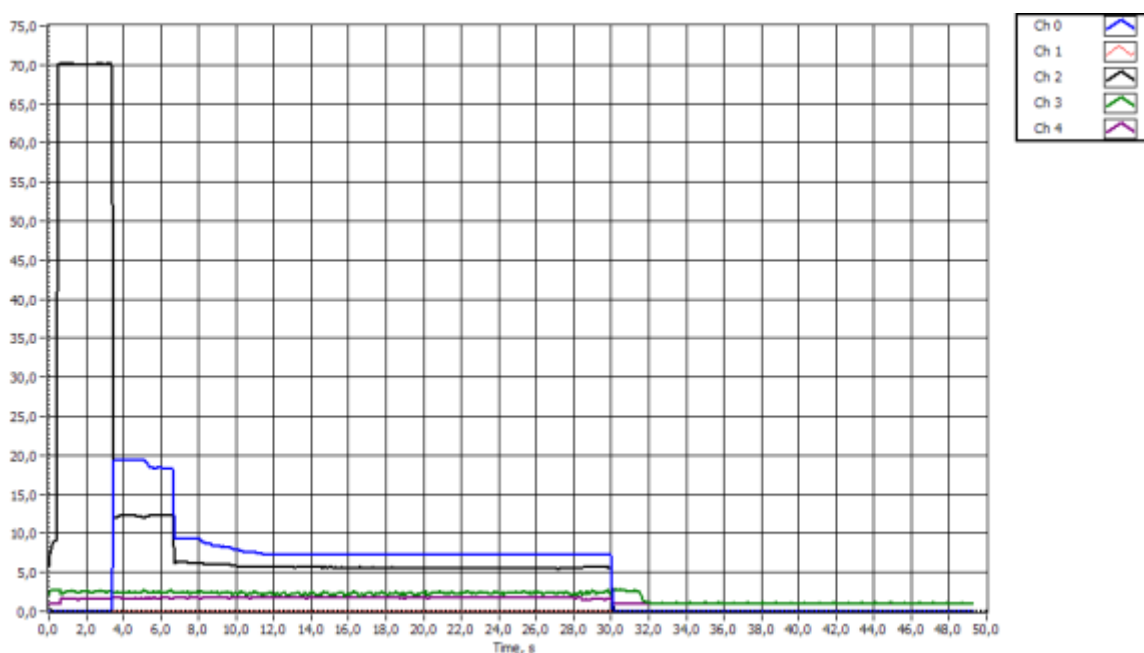


Рисунок 6.21 Выключение дежурной дуги



Рисунок 6.22. Горение только сварочной дуги

Было проведено ряд экспериментов, с отключением и без отключения дежурной дуги. В результате установлено, что при сварке малых толщин дежурную дугу лучше отключать, для исключения прожога изделия.

Были проведены эксперименты по сварке корпусов без подвода напряжения к свариваемому корпусу. В этом случае горит только дежурная дуга, а микроплазменный факел выдувается из сопла плазмообразующим газом, который в этом случае имеет повышенный примерно в два раза расход. На Рисунок 6.23 показан процесс сварки только дежурной дугой. Проведенные эксперименты показали, что добиться приемлемого результата не подводя сварочное напряжение к корпусу микросхемы невозможно.

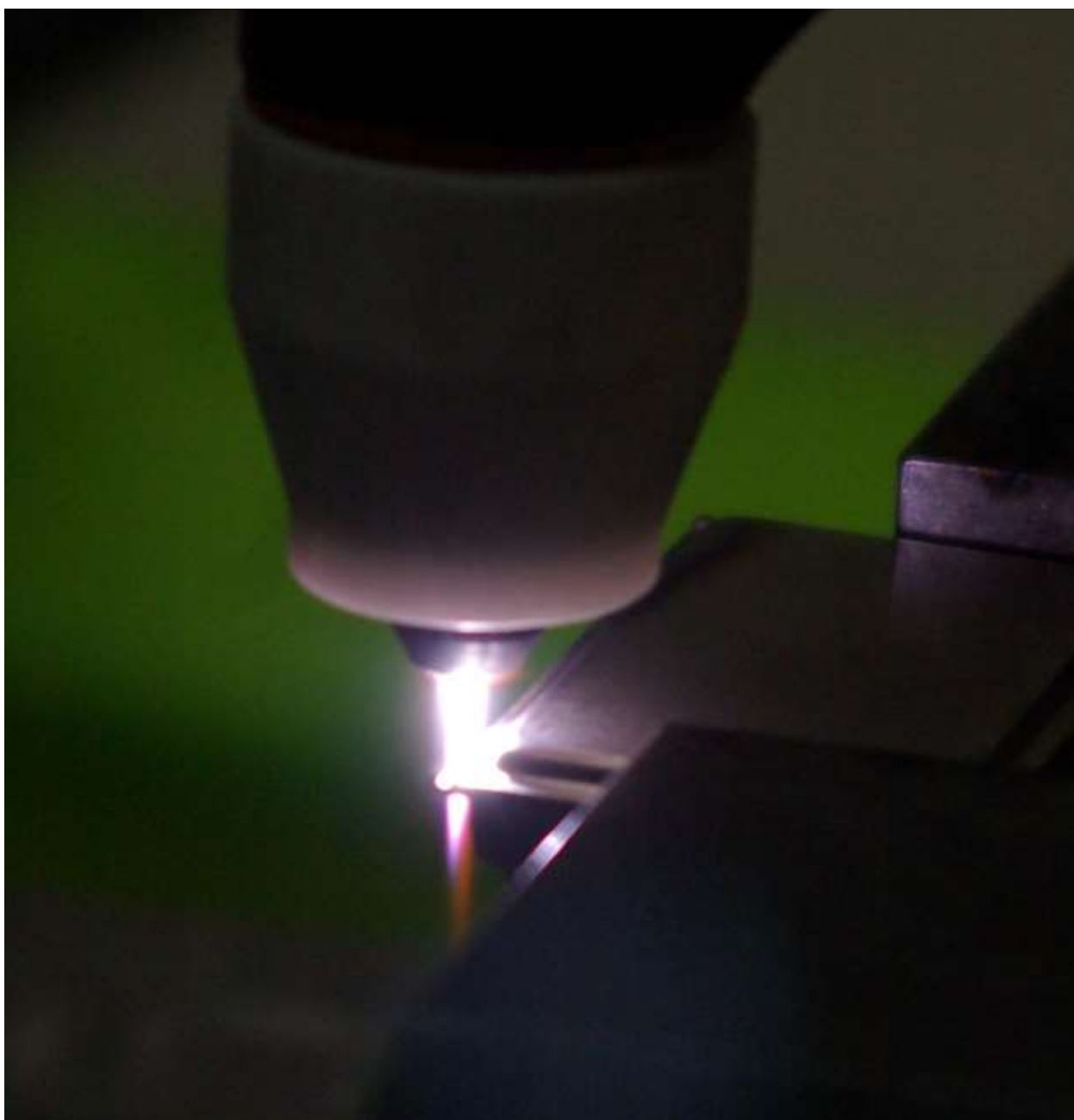


Рисунок 6.23. Сварка только с дежурной дугой

1.1.2 Сварка без дефектов

Бездефектные швы удалось получить при установке сварочных параметров, близких по значению к указанным в Таблица 3.10. Для сварки дуга зажигалась на массивной станине, а затем с постоянной скоростью производилась сварка. На Рисунок 6.24 представлен график с тремя участками: 1 - подготовка к сварке, 2 - участок поджиг дуги осциллятором и одновременное горение основной и вспомогательной дуги, 3 – отключен источника вспомогательной дуги и снижение тока сварки до требуемого значения около 7,5 А. Примерно на 12 секунде производится сварка изделия.

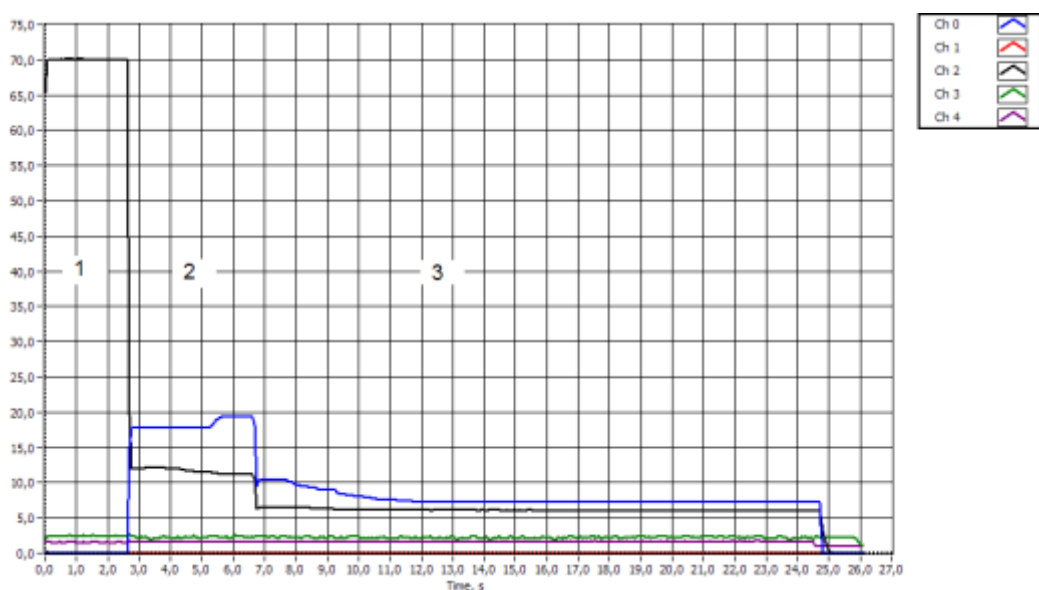


Рисунок 6.24. Сварка без дефектов

На Рисунок 6.25 показан более подробно 3-й участок плавного снижения тока до 7,5А.

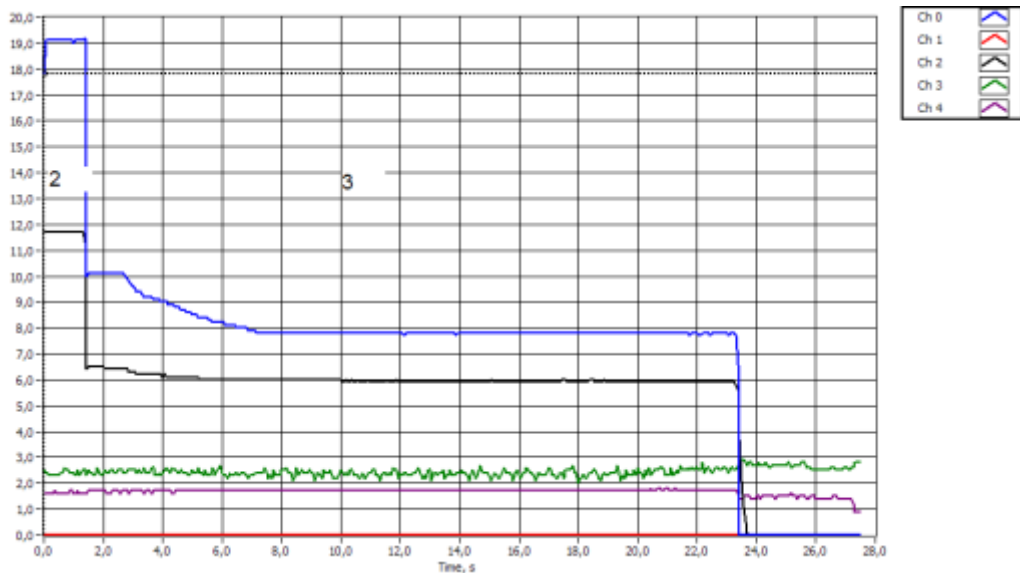


Рисунок 6.25. Сварка без дефектов

На Рисунок 6.26 участок 3 представлен в большем масштабе. На этом рисунке хорошо видны стабильные графики расхода плазмообразующего и защитного газов и горение «основной» сварочной дуги. На этом графике видны небольшие колебания технологических параметров сварки. На фотографии (Рисунок 6.27) запечатлён процесс микроплазменной сварки стабильной основной дуги.

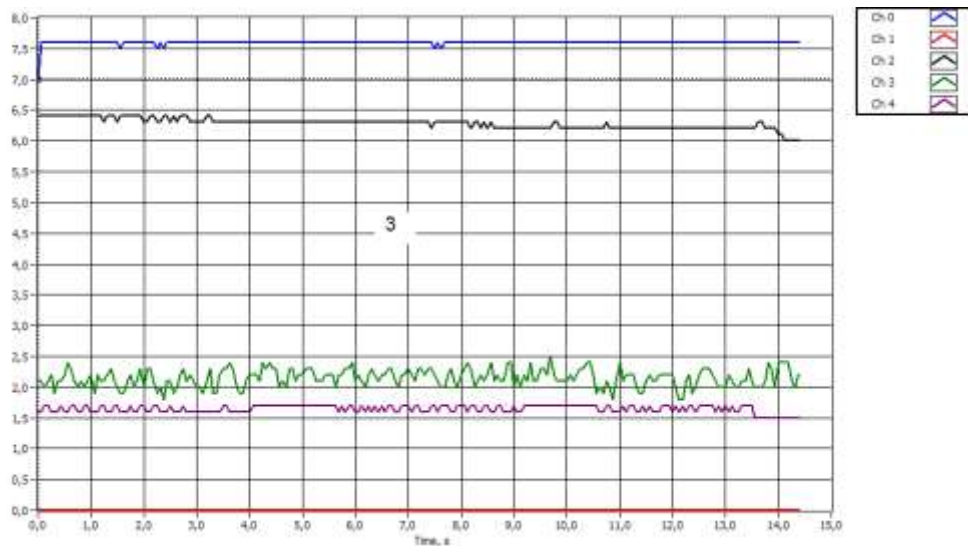


Рисунок 6.26 Участок 3. Горение только «основной» дуги.

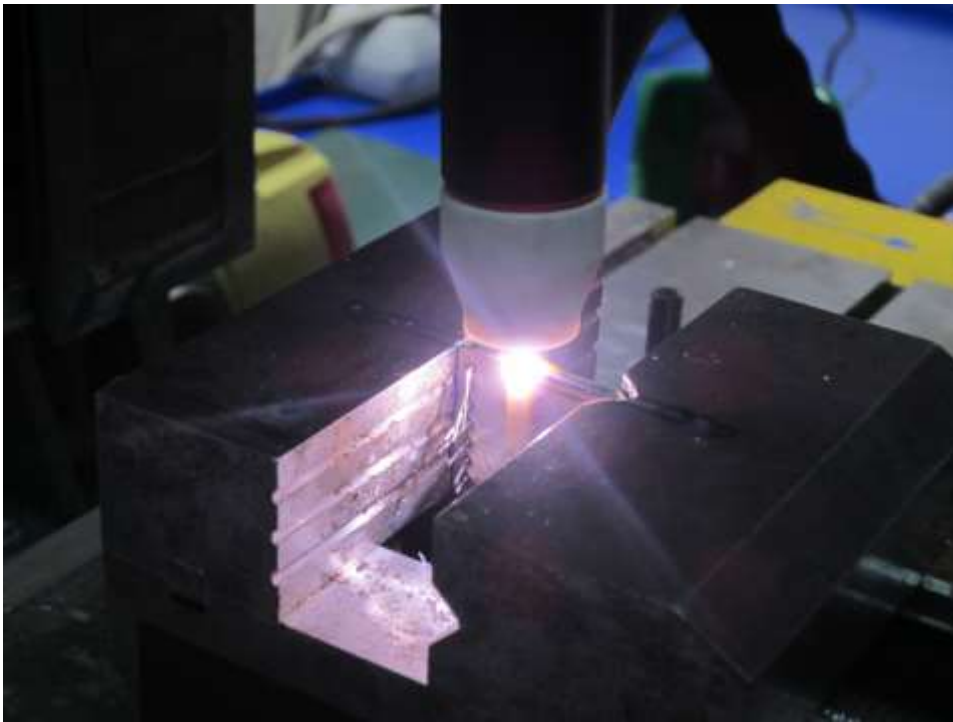


Рисунок 6.27. Сварка основной дугой

На Рисунок 6.28 и Рисунок 6.29 показаны запись технологических параметров сварки, при которых производилась настройка основной дуги на рабочие режимы для выполнения бездефектно прохода.

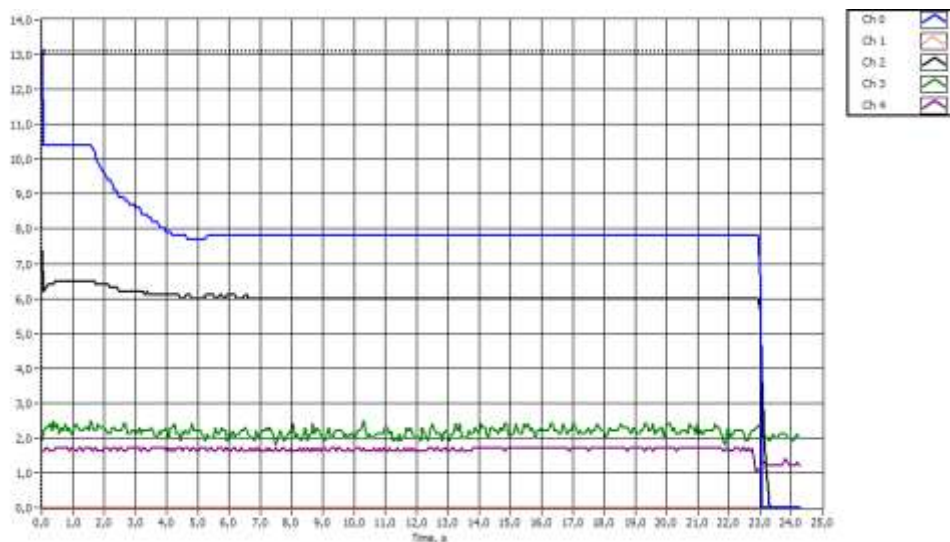


Рисунок 6.28. Участок 3. Горение «основной» дуги. Плавное снижение тока от 10.4А до 8.0А

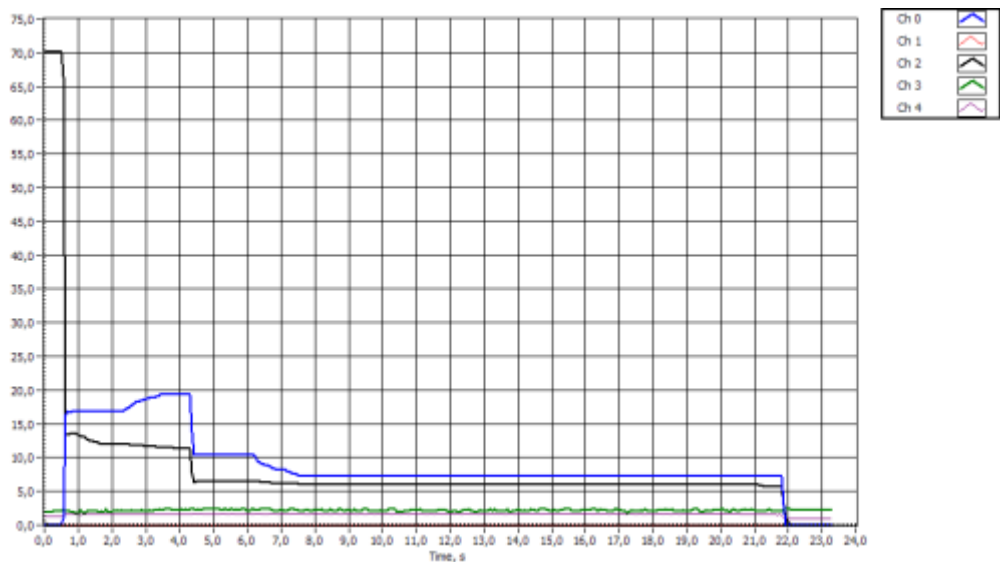


Рисунок 6.29. Повышение основного тока перед выключением вспомогательной дуги. Снижение «основного» тока перед сварочным проходом.

На Рисунок 6.30 показан один из образцов, выполненных без дефектов.



Рисунок 6.30. Фото образца, выполненного без дефектов

1.1.3 Сварка образцов с дефектами

1.1.3.1 Прожог

Прожог появляется при вложении большего количества энергии на единицу длины шва. Это может быть вызвано слишком большим током или низкой скоростью сварки. Проведенные опыты показали, что наиболее вероятно прожог появляется при большом сварочном токе. Однако не всегда удавалось снизить ток до требуемых значений, а увеличение скорости сварки может привести к несплавлению кромок. Значительный интерес представляет возможность определения прожога по анализу параметров процесса сварки в реальном времени. На Рисунок 6.31 показаны осциллограммы параметров процесса, где видно, что начиная с 10 секунды напряжение на дуге стало возрастать. Это вызвано увеличением длины дуги, что в свою очередь приводит к увеличению падения напряжения на ней. Так как источник основной дуги имеет жесткую вольт-амперную характеристику, то напряжение на дуге будет зависеть только от ее длины. Таким образом, измеряя напряжение на дуге можно в реальном времени определить возможность прожога при сварке изделия. На Рисунок 6.32 показан вид корпуса микросхемы сваренный с прожогом, на Рисунок 6.33 показан процесс сварки.

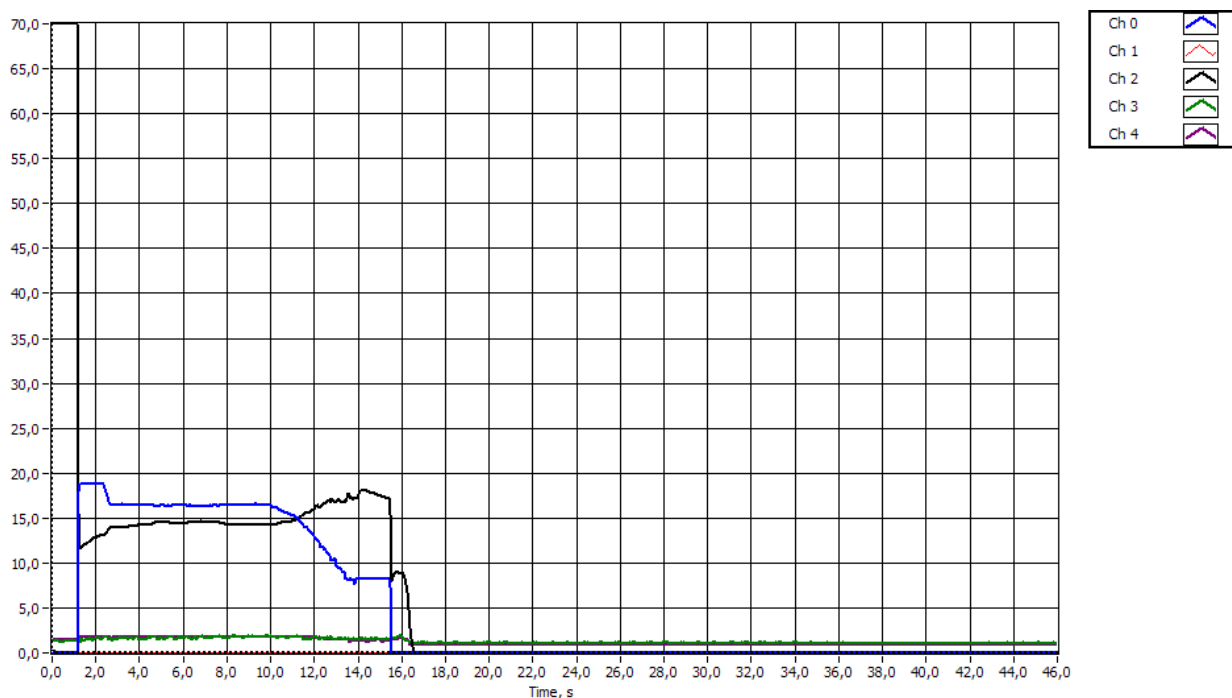


Рисунок 6.31. Сварка с прожогом



Рисунок 6.32. Сварка с прожогом

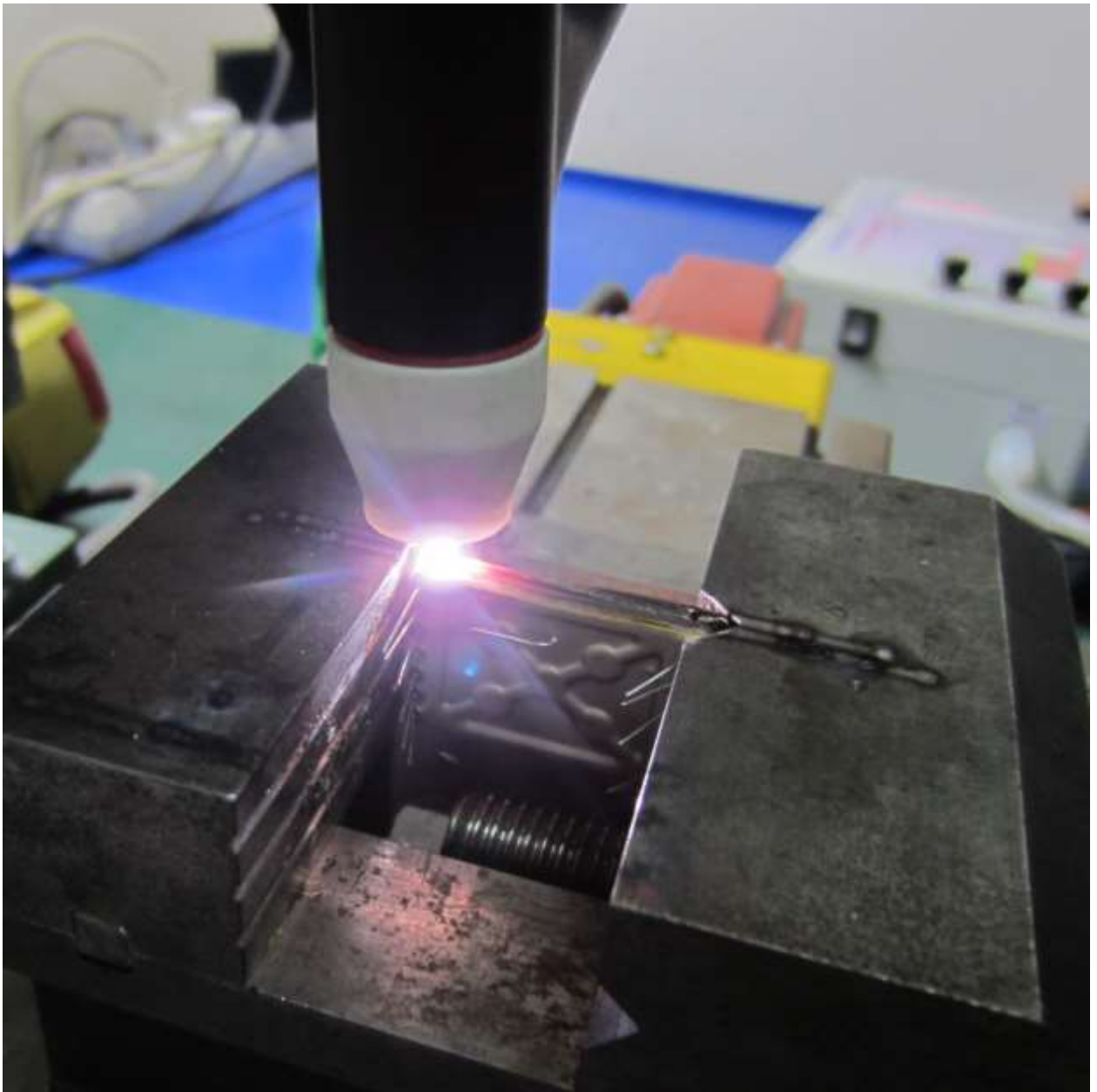


Рисунок 6.33. Процесс сварки с прожогом

1.1.3.2 Несплавление кромок

Основными причинами несплавления кромок является:

- наличие зазора в стыке при сборке изделия
- смещение электрода от центра стыка
- плохая очистка заготовок для сварки

Вид корпуса микросхемы с дефектом несплавление кромок показан на Рисунок 6.34. и Рисунок 6.35 Анализ осциллограмм в процессе сварки не позволяет выявить этот дефект. Однако причинами его появления являются

только подготовительные операции, которые должны быть проведены в особой тщательностью.



Рисунок 6.34. Несплавление кромок

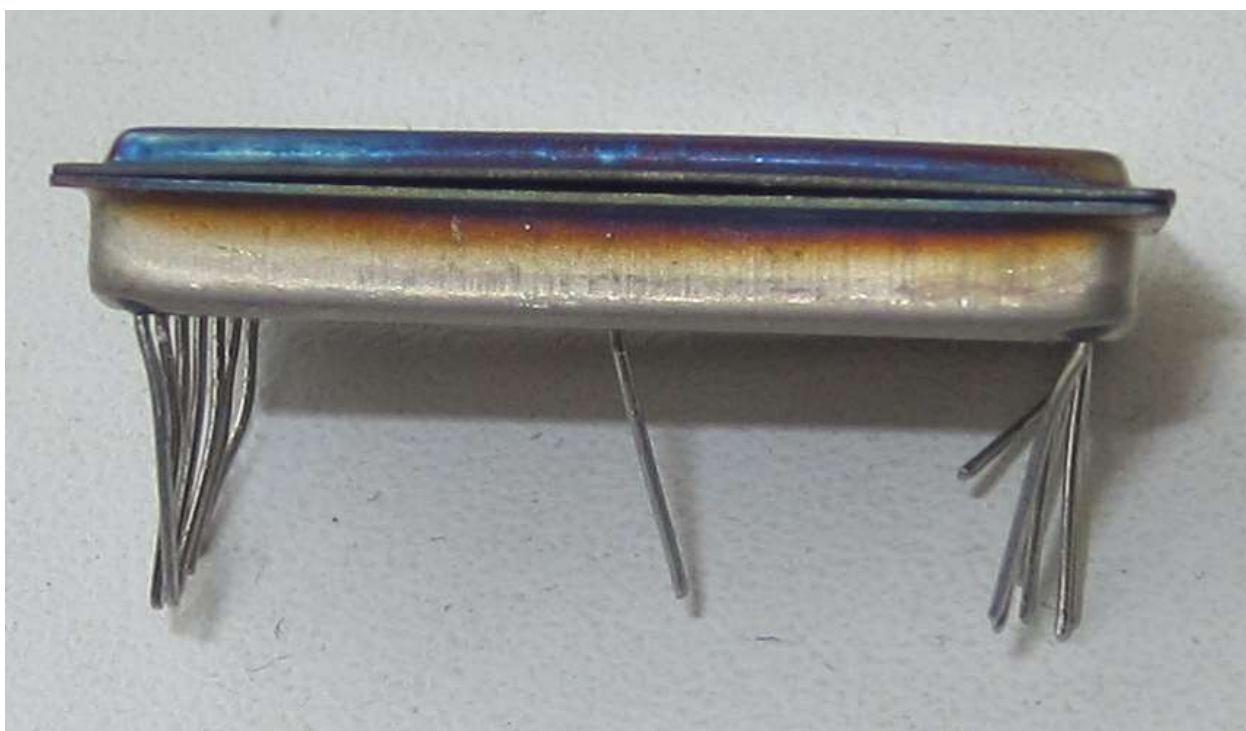


Рисунок 6.35. Несплавление кромок

1.1.3.3 Непровар

Дефект непровара может появиться при недостаточной погонной

энергии для проведения сварки. Вод корпуса микросхемы с непроваром показан на Рисунок 6.36.

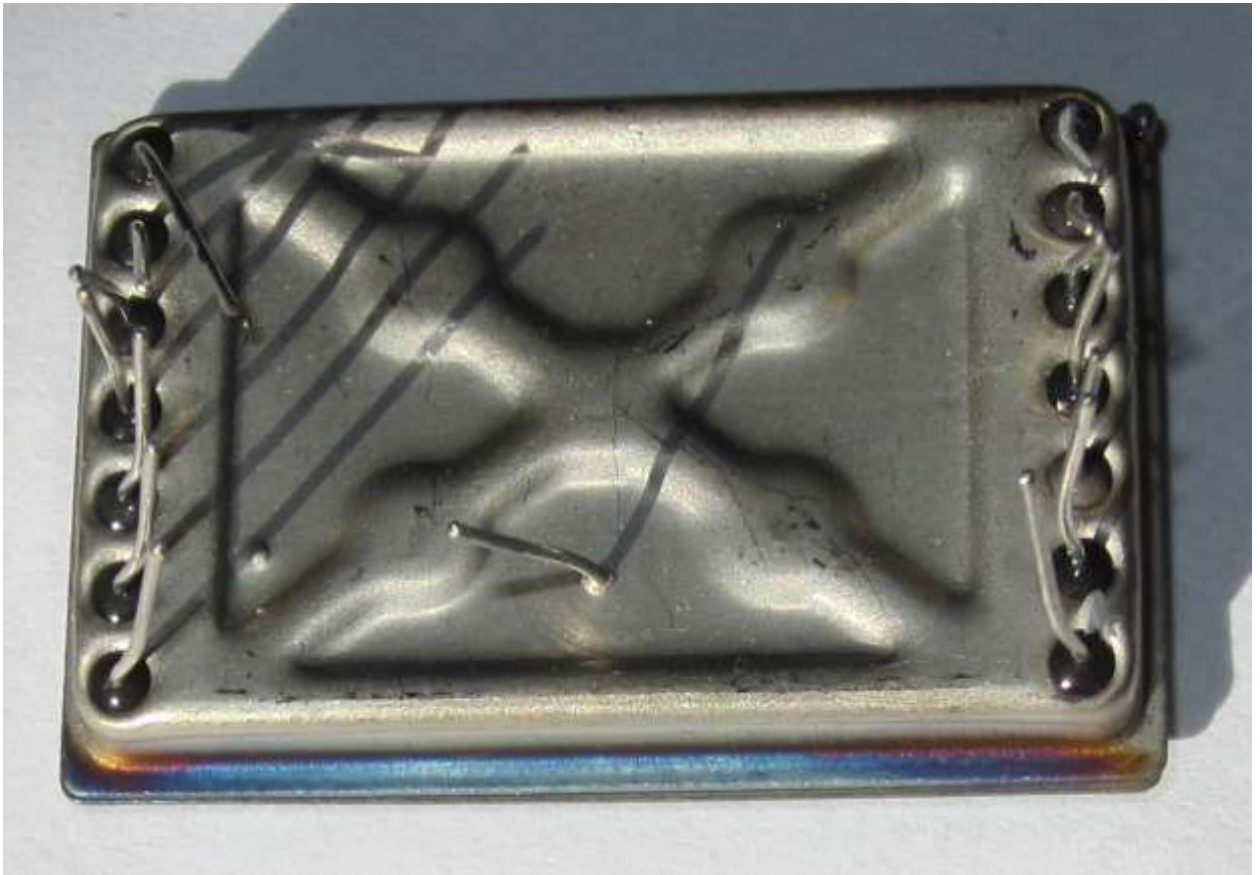


Рисунок 6.36. Сварка с непроваром

Анализ осциллограмм Рисунок 6.37 не позволил выявить этот дефект

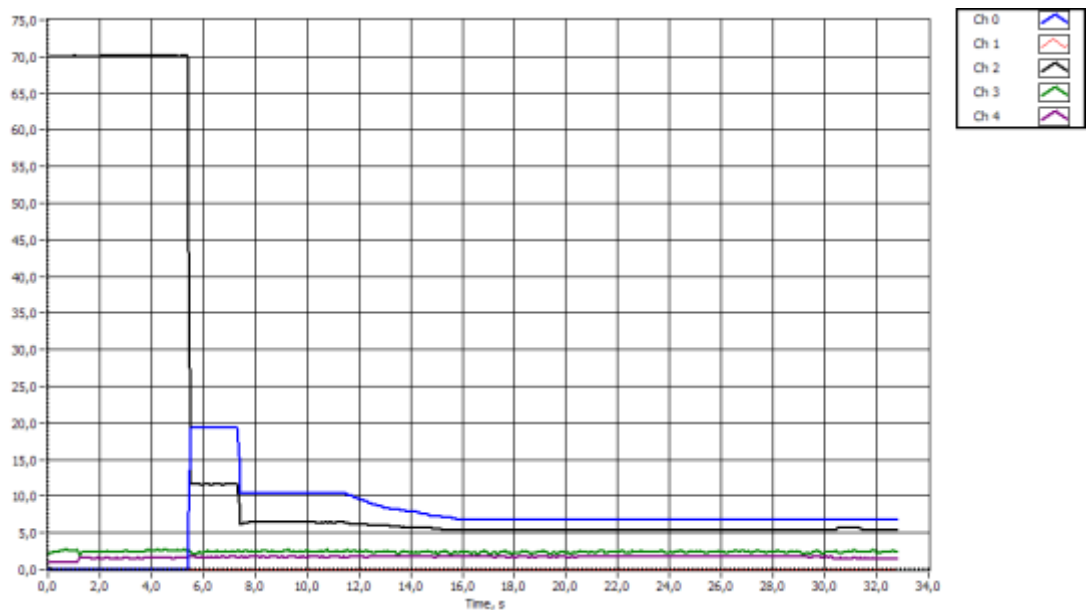


Рисунок 6.37. Сварка с непроваром

Для определения прожога был применен спектрометр, измеряющий интенсивность линий спектра излучения из зоны сварки. На Рисунок 6.38 показан спектр излучения при сварке с непроваром, а на Рисунок 6.39 – при нормальном проплавлении. Как видно из графиков, основная доля излучения приходится на линии аргона, расположенные в диапазоне от 660 до 800нм. При нормальном проплавлении изделия в плазменном факеле появляются линии железа, расположенные в диапазоне от 300 до 600нм. При непроваре не происходит достаточного расплавления железа и, как следствие, линии его излучения мало заметны в общем излучении из зоны сварки. По соотношению интенсивности излучения в диапазонах длин волн 300-600 и 660-800 можно судить о проплавлении металла изделия.

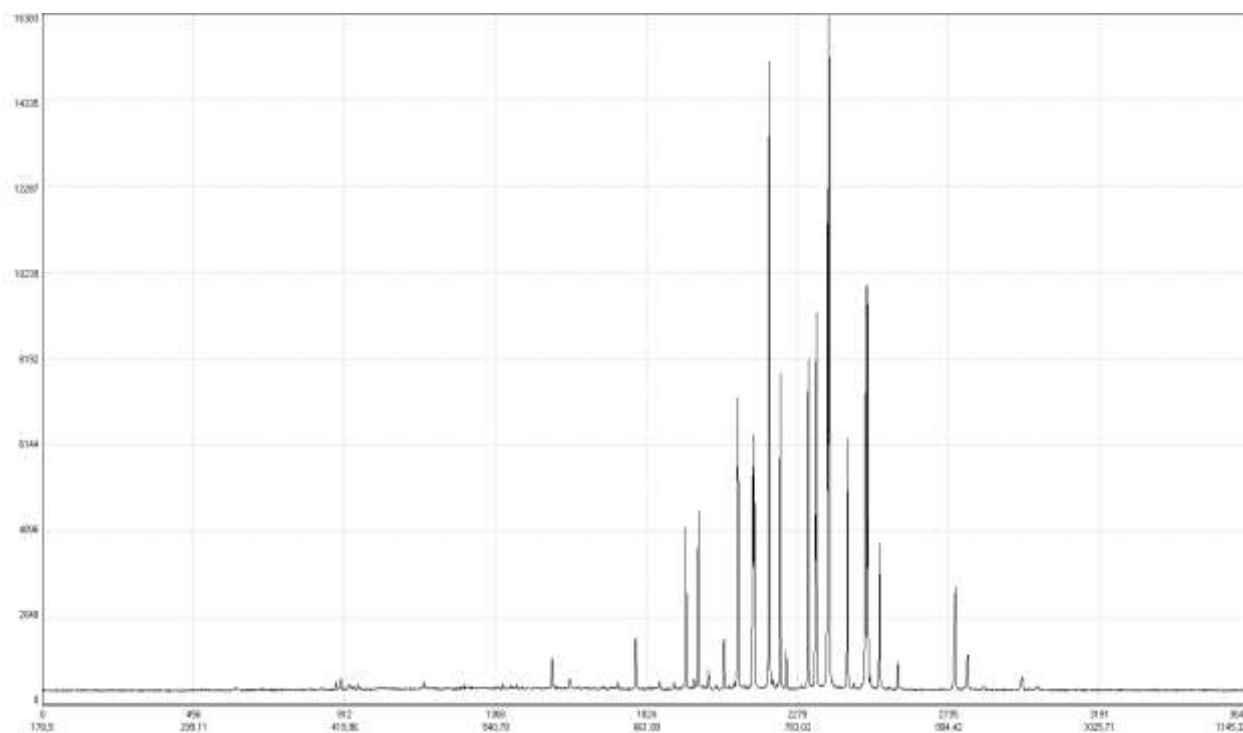


Рисунок 6.38. Спектр излучения при сварке с непроваром

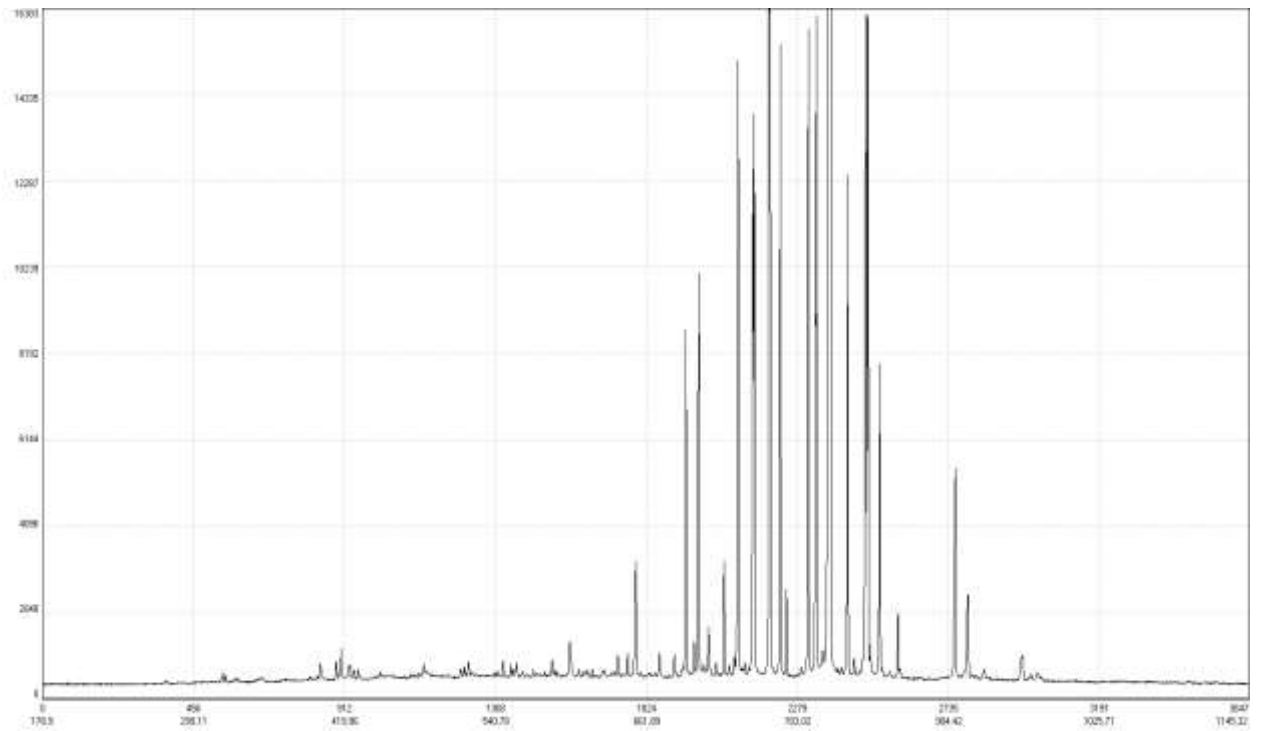


Рисунок 6.39. Спектр излучения при нормальном проплавлении

1.1.4 Сварка в различном пространственном положении

Одно и то же изделие может быть сварено в различном пространственном положении. Один и тот же корпус можно сварить тремя способами:

- со стороны более толстого основания Рисунок 6.40
- со стороны более тонкой крышки Рисунок 6.41
- с торца стыка Рисунок 6.42.

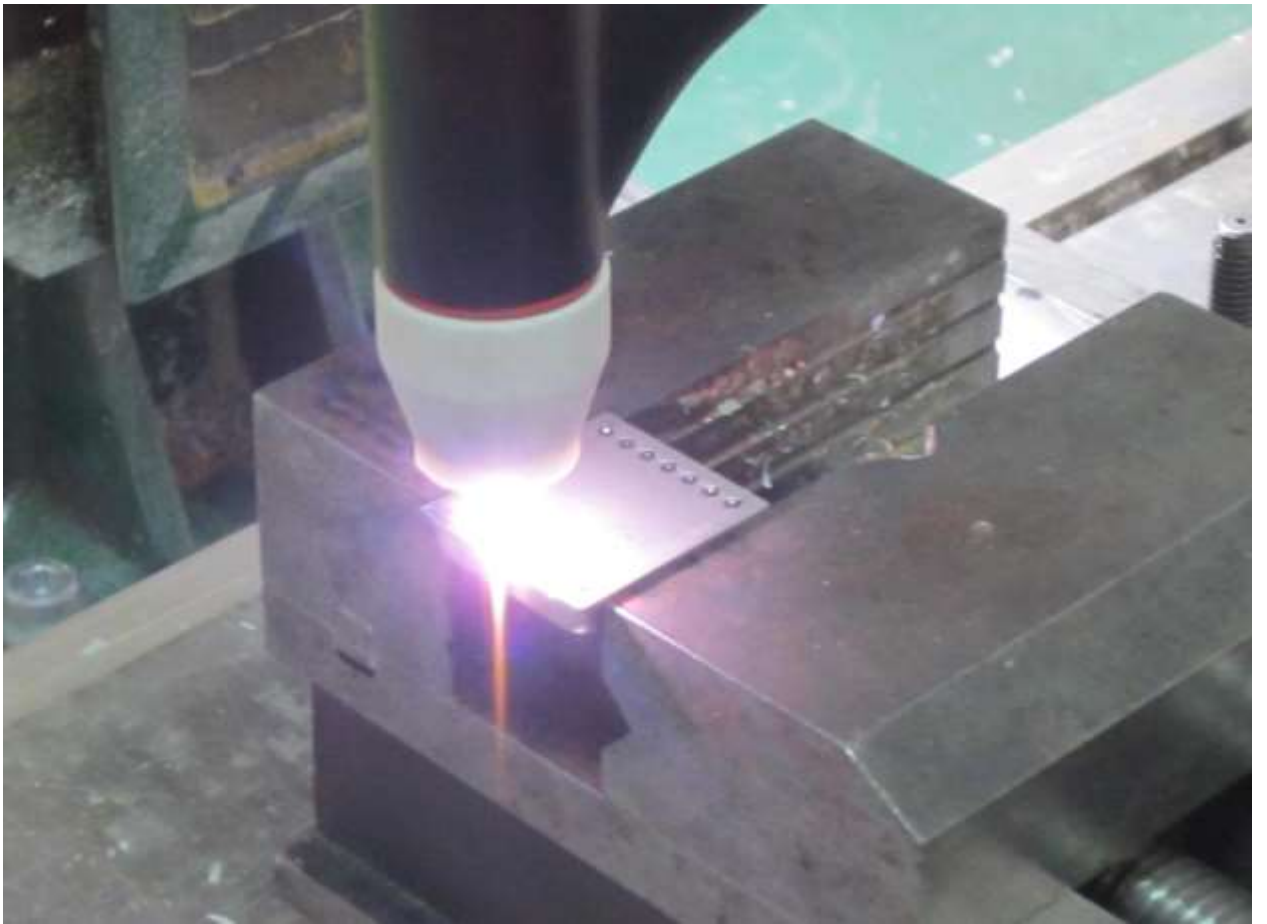


Рисунок 6.40 Сварка со стороны более толстого основания



Рисунок 6.41. Сварка со стороны крышки

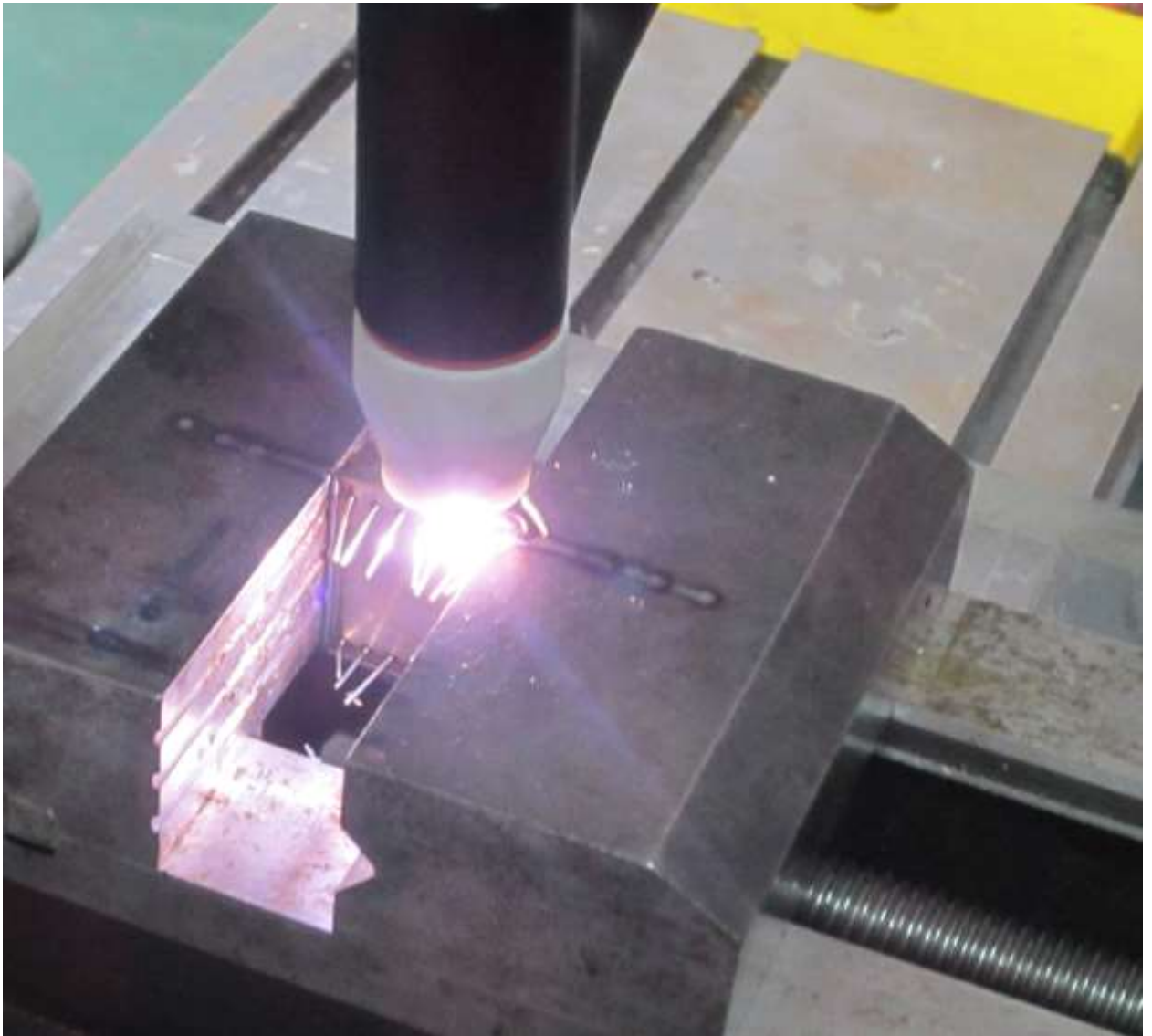


Рисунок 6.42. Сварка с торца

В результате проведенных экспериментов установлено, что наиболее качественный шов формируется при сварке с торца в нижнем положении. Однако такое положение изделия требуем при сварке постоянного вращения корпуса СБИС, что довольно затруднено и не всегда возможно. Для автоматизации процесса проще перемещать сварочную горелку. При этом корпуса микросхемы следует располагать более толстым металлом вверх.