

### 3. ПРОСТОЕ – В СЛОЖНОМ: ТАКИЕ РАЗНЫЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ

#### 3.1. Большое – через малое

Все это началось в январе 1965 года.

Меня, 17-летнего студента Минского политехникума по специальности "Контрольно-измерительные инструменты и приборы", перевели для дипломной практики с Минского моторного завода, где я уже проработал полгода слесарем, токарем и фрезеровщиком в самом "универсальном" цехе – ремонтно-механическом, на новое предприятие – специальное конструкторское бюро с незамысловатым названием – п/я 19, что означало "Предприятие почтовый ящик 19".

Как оказалось, этот "ящик" – так просторечиво его называли сотрудники, да и всезнающие горожане, – размещался за колючей проволокой в старых складах бывшего шинного завода и находился под круглосуточной вооруженной охраной.

Была снежная зима. И когда под порывы ветра со снегом меня первый раз провели по железной наружной лестнице под крышу на второй этаж, очень трудно было поверить, что сразу за тяжелой дверью в теплом большом зале с отличным освещением находились ряды конструкторских кульманов<sup>59</sup>, на которых чертили и у которых беседовали молодые люди.

А внизу в цехах работали такие мастера, что без преувеличения им не составило бы труда "подковать блоху" покруче Левши по Лескову<sup>60</sup>. Потому что их микроскопы были намного сильнее "мелкоскопа" уважаемого умельца Левши.

Предприятие п/я 19 было пионером-разработчиком *первых советских* полуавтоматических установок для *первых советских* технологических линий для сборки *первых советских* электронных микросхем. И практически все процессы велись под сильными микроскопами, в которые были видны мельчайшие детали на кристаллах кремния, соединенные тонкой золотой проволокой диаметром в 40 и даже 20 микрон – тоньше человеческого волоса.

К этому времени я уже имел кое-какое представление о том, что такое изобретение, по первой прочитанной книге на эту тему автора Генриха Сауловича Альтшуллера, которая называлась "Как научиться изобретать".

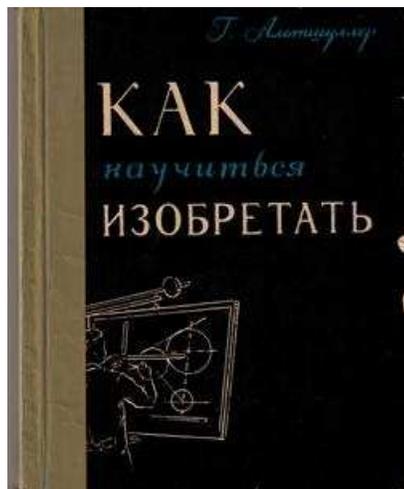
Мне рекомендовал приобрести ее еще в 1963 году классный руководитель нашей техникумовской группы Станислав Антонович Бальцевич. Он преподавал курсы по получению и обработке металлов, а также теорию станков и инструментов.

И еще, после занятий и даже вечерами, он играл с некоторыми из нас в шахматы и при этом расспрашивал о наших интересах и учил жить. Как-то раз я сказал, что хочу создавать "что-нибудь небывалое и невиданное", а он в ответ рассказал мне об этой маленькой книжечке. Он УЖЕ ЗНАЛ о ней!

---

<sup>59</sup> огромная чертежная доска с регулируемым наклоном и высотой

<sup>60</sup> Лесков Николай Семенович (1831-1895) – русский писатель; рассказ о Левше был написан в 1881 г.



Я бережно храню эту немного потрепанную и подклеенную книжечку (рис. 3.1), в которую вклеены также две странички с попыткой моего первого изобретения "по ТРИЗ" (хотя такого названия тогда еще не было). А на обложке как раз изображен чертежный станок – кульман. Чертили обычно великолепными карандашами КОНИ-NOOR на листах сияюще-белой плотной бумаги<sup>61</sup>, так называемого "ватмана".

Так вот, вскоре в "ящике" мне поручили усовершенствовать узел<sup>62</sup> отрезания золотой проволоки после приваривания проволоки к выводу микросхемы (рис. 3.2).

Рис. 3.1. Первая книга Г.С. Альтшуллера, 1961 (в собрании М. Орлова с 1963)

### Пример 3.1. Как отрезать "золотой волосок"? Или: старый опыт – решение "копированием" и "по аналогии".

В корпусе 1 (длиной примерно 15 мм) установлен кремниевый кристалл 2 электронной микросхемы. Вывод 3 корпуса должен быть соединен с контактной площадкой 4 кристалла с помощью золотой проволоки 5. Корпус микросхемы нагрет так, что проволока, после сильного прижатия к выводу, прочно соединяется (сваривается) с выводом. То же самое происходит в месте присоединения проволоки к контактной площадке. Сочетание высокой температуры (сотни градусов) и значительного давления дало название этому виду сварки – термокомпрессионная.

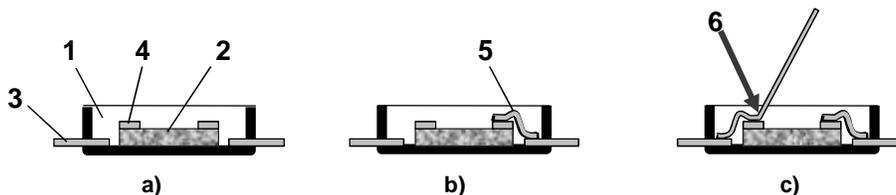


Рис. 3.2. Соединение вывода микросхемы с контактной площадкой на кристалле с помощью золотой проволоки

После приварки проволоки к контактной площадке, проволоку надо отрезать в месте, указанном стрелкой 6 (рис. 3.2.с).

Для отрезания проволоки я разработал полуавтоматические ножницы (рис. 3.3) длиной около 2 см, которые были затем доработаны опытными специалистами и изготовлены. Эти ножницы неплохо резали проволоку диаметром 40 микрон, но стали плохо работать, когда появилась проволока в 20 микрон.

<sup>61</sup> этот всемирно известный сорт бумаги был изобретен около 1750 г. английским кожевенным мастером Джеймсом Ватманом (James Whatman)

<sup>62</sup> для специалистов: здесь и далее все примеры адаптированы с целью обучения основам ТРИЗ

Недостатки: 1) тонкая проволока часто не перерезалась, а прогибалась между лезвиями ножниц (рис. 3.3.с), так как из-за нагрева ножниц требуемое расстояние  $d$  между лезвиями нарушалось; 2) операция отрезания занимала довольно много времени и требовала очень точного позиционирования ножниц; 3) общим недостатком было то, что после отрезания оставался довольно длинный "хвостик", который мог привести к коротким замыканиям при установке крышки и в процессе герметизации корпуса. На рисунке 2.3 длина нарисованных ножниц в два раза больше настоящих, а диаметр проволоки увеличен многократно.

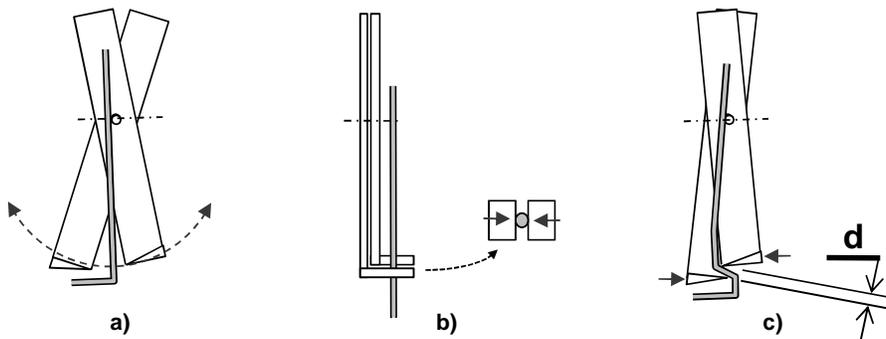


Рис. 3.3. Отрезание "золотого волоска"... "мини-ножницами"

Возникло множество противоречий (рис. 3.4):



Рис. 3.4. Противоречия при отрезании тонкого "золотого волоска"

Как устранить эти противоречия? Продолжать "совершенствовать" ножницы?

### Задача 3.2. Инстинкт уельца (пример для приверженцев синектики!).

Как-то к конструкторам подошел один из "Левшей" и сказал: а что тут резать, давайте просто отрывать! Ведь проволока довольно сильно передавлена инструментом после приварки, значить можно попробовать просто отрывать!

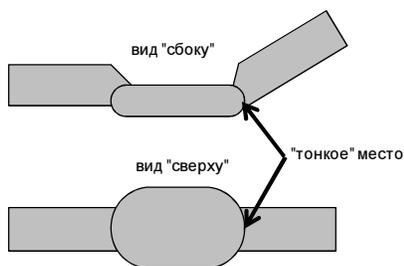


Рис. 3.5. Противоречия при отрезании тонкого "золотого волоска"

Действительно, проволока в месте сварки имеет вид "лепешки", от которой, точнее, от тонкого "перешейка" отходит к инструменту новый отрезок проволоки (рис. 3.5).

Известно ведь по русской пословице, что *где тонко, там и рвется!*

Попробовали прижать проволоку на выходе инструмента и дернуть – работает!

Но тут появилось новое противоречие!

Дело в том, что устройство (рис. 3.6) подачи проволоки представляет собой прозрачный пластмассовый корпус 1, в котором находится катушка 2 с проволокой, как в швейной машине. Конец проволоки 5 проходит сквозь отверстие в корпусе, далее – сквозь иглу 4, которая, собственно, и является инструментом, прижимающим проволоку к месту сварки.

А катушка с проволокой висит и вращается на "воздушном подшипнике"! Ось 3, на которую надевается катушка, имеет множество радиальных отверстий (эта область в увеличенном масштабе показана слева на рисунке), через которые непрерывно подается воздух (показан стрелками). Этот воздух равномерно давит на внутреннюю поверхность катушки и держит ее на весу. При вращении катушка практически не имеет трения! Это и есть принцип работы воздушного подшипника. "Толщина" подшипника около 100 микрон.

Но в этом плюсе скрывался новый минус! Возникло стандартное противоречие (рис. 3.7): при отрывании проволока просто разматывалась из катушки и не отрывалась от места сварки! Нечем было тормозить катушку!

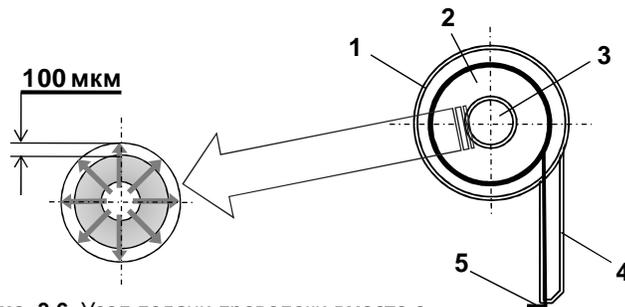


Рис. 3.6. Узел подачи проволоки вместе с инструментом прижатия проволоки к месту сварки

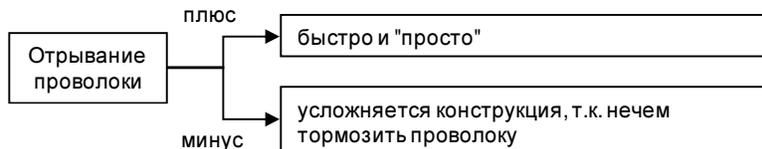


Рис. 3.7. Противоречие в узле подачи проволоки при операции отрывания

**ЗАДАЧА!** Предложите идею создания "тормоза", следуя требованиям "идеального решения" по ТРИЗ: в оперативной зоне "ничего" не меняется, а катушка надежно тормозится на оперативное время – на короткий интервал отрывания проволоки!

Вскоре в нашем секторе (так называется небольшая группа специалистов, работающая над одной общей тематикой) эту проблему решили – научились надежно тормозить катушку!

И тут проблема появилась в другом месте (рис. 3.8)! Иногда возникали повреждения приварки и отрыв контактной площадки от кристалла вместе с проволокой! Так что торможение оказалось даже слишком сильным!

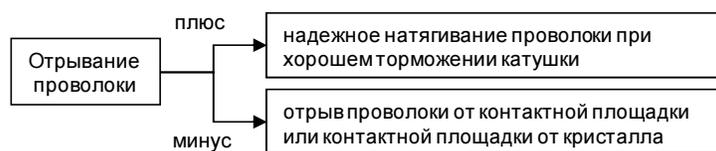


Рис. 3.8. Основное противоречие метода отрыва проволоки

### Пример 3.3. "Дотягивание" неидеального решения – новые проблемы.

Для улучшения ситуации стали делать специальные формы игл – с "клювами": чтобы "передавлять" проволоку после сварки почти полностью.

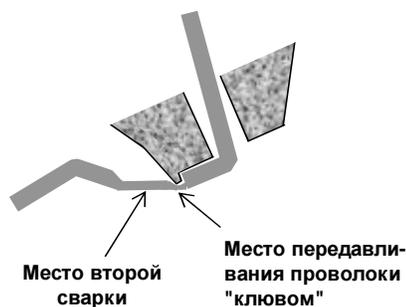


Рис. 3.9. Передавливание проволоки "клювом" перед отрывом

Упрощенное описание нового решения состоит в следующем.

После второй сварки инструмент отъезжал немного в сторону, выходя за пределы контактной площадки, поворачивался так, чтобы "клюв" выступал вниз, и опускался, передавливая проволоку сразу за местом сварки.

Но тут появились новые дефекты, т.к. увеличение длины "клюва" стало мешать полному прижатию проволоки при второй, да и при первой, сварке.

Радикальное противоречие приведено на рис. 3.10:



Рис. 3.10. Противоречие "клюва"

### Пример 3.4. Плохое решение стало хорошим.

Потом повысилось качество сварки за счет добавления ультразвука. Появилась ультразвуковая термокомпрессионная сварка. Для этого инструменту (игле) придавалось колебание с небольшой амплитудой на частоте более 20 кГц. Стало возможно отрывать проволоку без передавливания ее "клювом". Игла упростилась, однако с уменьшением размеров контактных площадок снова появился дефект отрыва контактной площадки от кристалла вместе с отрываемой приваренной проволокой (см. противоречие на рис. 3.10).

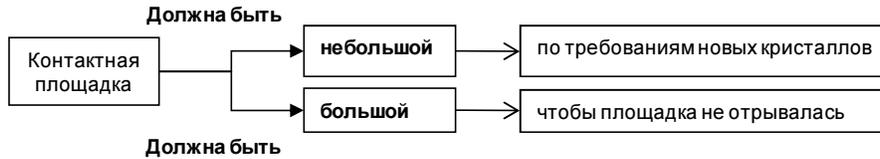


Рис. 3.10. Противоречие "контактной площадки"

### Пример 3.5. Сильное решение – смена принципа.

Была предложена идея пережигать проволоку импульсом тока. Иглу разделили на две части (рис. 3.11), изолированные друг от друга внутри по всей длине, за исключением окончания (изоляция показана темными полосками).

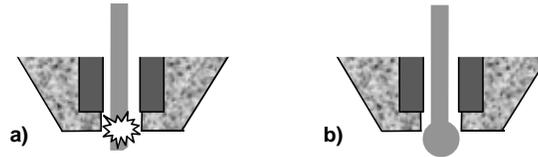


Рис. 3.11. Метод отделения проволоки с помощью расплавления при электрическом разряде

При подаче электрического напряжения на обе части иглы, между этими частями возникает электрический разряд, проходящий также через золотую проволоку (рис. 3.11а). Проволока легко расплавляется и перерывается! А на конце проволоки образуется "шарик" (рис. 3.11б), который не дает проволочке втянуться внутрь иглы и дает большую площадь контакта при следующей сварке.

То есть здесь выявились сразу два неожиданных позитивных "сверхэффекта"! Действительно, признаком очень хорошего решения часто является возникновение неожиданных дополнительных преимуществ!

Однако вскоре появились новые проблемы (рис. 3.12). Иглы стали делать тоньше и тоньше, потому что уменьшались размеры контактных площадок на кристаллах. Но иглы стали быстро изнашиваться (перегорать) при разряде тока.

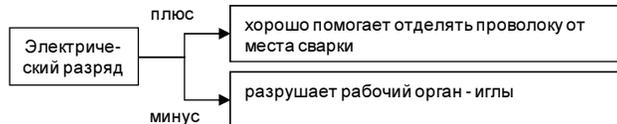


Рис. 3.12. Противоречие пережигания электроразрядом

### Пример 3.6. Революционная смена принципа!

Радикальные проблемы разрешились радикальным образом: было предложено соединение контактных площадок методом "паука"! При этом все контактные площадки присоединяются в высокопроизводительной операции сразу ко всем выводам без промежуточной золотой проволоки (рис. 3.13а) – красивое решение!

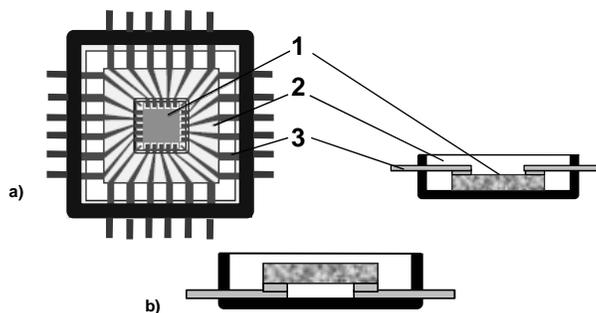


Рис. 3.13. Соединение контактов кристалла с выводами корпуса микросхемы

Неудобством было то, что выводы находились сверху корпуса на уровне кристалла. И было найдено простое и эффективное решение – метод "перевернутого кристалла" (рис. 3.13б). По ТРИЗ это – креативный метод "сделать наоборот". Красивое решение: хорошо настроенному автомату все равно, как устанавливать кристалл – вверх контактными площадками или вниз!

Возможно, что нетерпеливые читатели скажут, что это все – не гениальные изобретения! Они не оказали большого влияния на развитие цивилизации! Нам бы что-нибудь глобальное, а лучше – космическое! Хорошо, смотрите для этого два следующих раздела.

А пока я расскажу вот о чем: на известной Международной промышленной ярмарке в немецком городе Лейпциг в 1965 году Республика Беларусь получила небывалый "урожай" золотых медалей – 5! Из них 3 медали получили разработки "почтового ящика 19", представленного, разумеется, на выставке под другим названием!

Я с большой признательностью вспоминаю здесь первого руководителя<sup>63</sup> этого п/я 19 – Илью Михайловича Глазкова, выдающегося организатора нашего коллектива. Первое, что предпринял Илья Михайлович, будучи назначен в 1962 году на должность руководителя, это поездки в несколько стран на различные выставки. Он привез много рекламных буклетов, собрал молодежь и сказал: мы должны сделать не хуже, но если можно, то и лучше! И уже через 3 года Лейпциг отметил первые машины серии "Контакт" выдающимися наградами.

И я никогда не забывал моих ближайших коллег и наставников, которые создавали это: Валерий Семенович Галков, Геннадий Павлович Кузьмичев, Виталий Трофимович Кулешов. А ведь им было по 25-28 лет! А еще – 33-летнего начальника нашего отдела Евгения Евгеньевича Онегина, впоследствии генерального директора корпорации ПЛАНАР, выросшей из небольшого п/я 19.

<sup>63</sup> Илья Михайлович Глазков (1922-1996) – видный государственный деятель Республики Беларусь, заместитель Председателя Совета Министров в 1974-1982 гг.

**ВНИМАНИЕ!**

А теперь обратите внимание вот на что: основные принципы и даже конструкции "сборочных" машин почти не изменились за прошедшие 40 лет (эти строки пишутся в декабре 2009)! Конечно, появились другие способы сварки: микроплазменная, лазерная, электронно-лучевая, диффузионная, "холодные" без разогрева всей микросхемы...

Подобные машины участвуют в сборке сотен миллионов микросхем ежегодно во всем мире!

Вот и судите сами – это "маленькие" или "большие" изобретения? И как "большое" начиналось с "малого", прошло через сотни изобретений и тысячи небольших инноваций, прожило уже почти столетия и продолжает работать!