

«Лазерно-утюжная» технология изготовления односторонних печатных плат

О технологии изготовления печатных плат с помощью утюга и лазерного принтера на сегодняшний день сказано и написано очень много. Сложно сказать когда, где и кто придумал этот метод. Можно лишь предположить, что он появился вскоре после того, как радиолюбителям стали доступны лазерные принтеры. На сегодняшний день существует много разрозненных описаний этих процессов, рекомендаций, советов как и что использовать. В результате их анализа и личного практического опыта была выработана технология, которая успешно применяется мною последние несколько лет. Я не берусь утверждать что она оптимальна, вполне вероятно кто-то может предложить и проще и лучше. Просто хочется познакомить радиолюбителей с собственным опытом, возможно это поможет кому-нибудь избежать грубых ошибок и быстрее наладить изготовление качественных плат для своих самоделок. Описание процесса сопровождается большим количеством фотографий, ведь один раз увидеть – гораздо лучше чем много раз услышать (в нашем случае - прочитать). Итак...

В основе метода лежат свойства тонера лазерных принтеров. Первое – спекшийся тонер не пропускает воду и устойчив к большинству травильных растворов. Второе – при нагревании тонер размягчается и становится липким. Суть метода состоит в следующем. Рисунок будущей печатной платы печатается в зеркальном виде на специальной бумаге, после чего при помощи утюга «прижаривается» к заготовке. Бумага удаляется, а тонер остается на заготовке, образуя рисунок дорожек, устойчивый к травильному раствору. Затем заготовка травится, тонер смывается ацетоном и далее как обычно. А теперь подробнее...

Прежде всего, надо создать файл изображения дорожек будущей платы с возможностью его распечатки на лазерном принтере в масштабе 1:1, в «зеркальном» виде. В принципе это можно сделать в любом графическом редакторе, но гораздо удобнее воспользоваться специализированными программами. Я видел как рисуют платы в CorelDraw и даже в Microsoft Word, но рекомендовать такой вариант никому не хочу, это долго и неудобно. Для любительских целей, на мой взгляд, оптимально использование программы Sprint Layout, которую без труда можно найти в Интернете. Это небольшая, простая и очень удобная программа, похоже специально создавалась для «лазерно-утюжной» технологии. На момент написания известна ее последняя русифицированная версия V4.0 с поддержкой SMD компонентов. Sprint Layout фактически стал своеобразным стандартом, многие радиолюбительские разработки, представленные в сети, сопровождаются рисунками плат в его формате. Программа очень проста, для ее изучения достаточно нескольких часов. Альтернативой «Спринту» на сегодняшний день могут выступать только профессиональные трассировщики, такие как Pcad, Orcad и др. Они предоставляют гораздо большие возможности, многие из которых совершенно не нужны радиолюбителю. При этом они намного сложнее «Спринта» и требуют значительного времени для освоения. Я бы не стал рекомендовать их для нечастой любительской практики, хотя сам работаю в Pcad 2002.

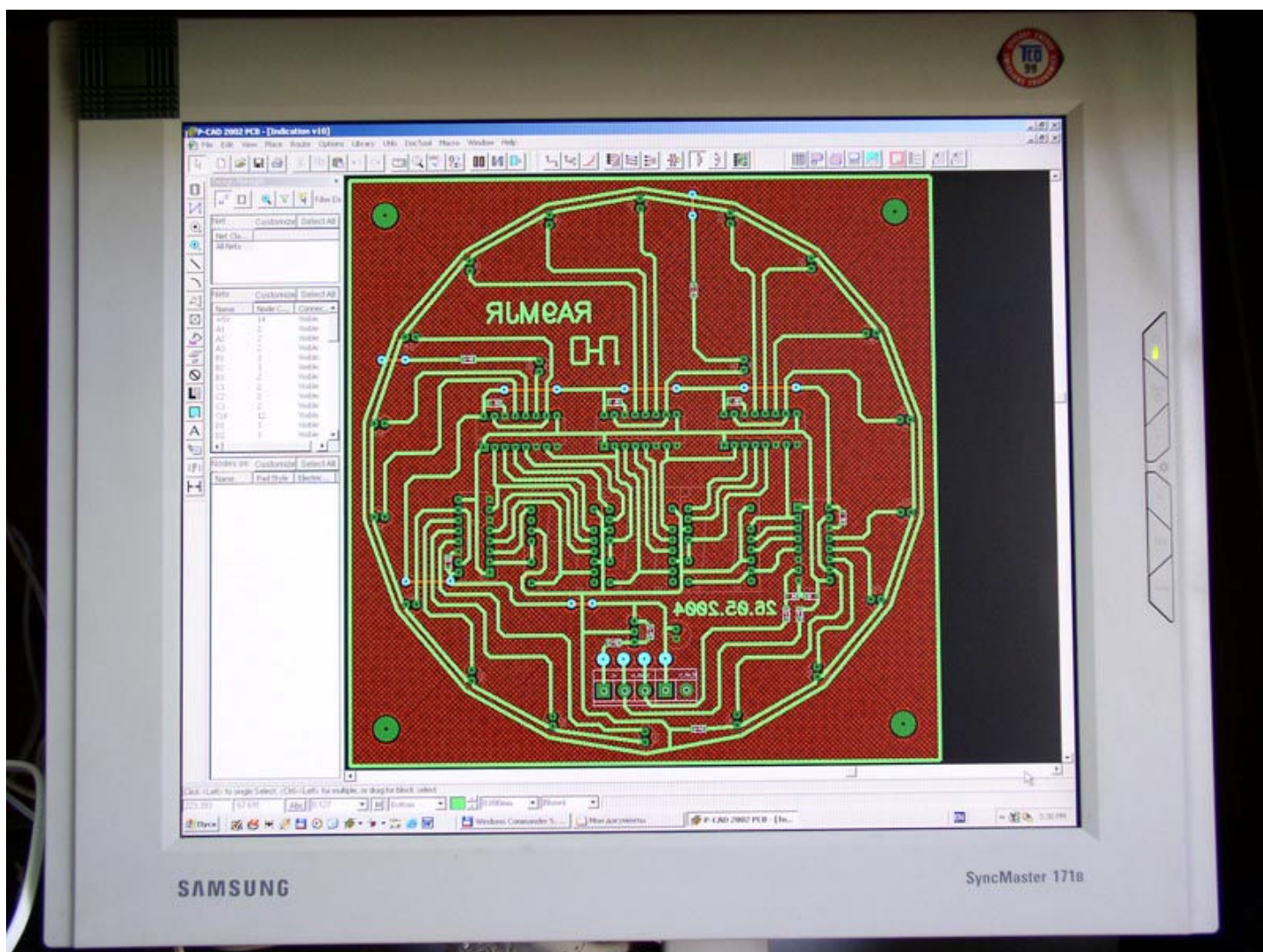
Итак, файл готов, теперь его нужно распечатать. Для этого годятся большинство существующих «лазерников», кроме, разве что, светодиодных принтеров «OkiPage». У последних получается уж очень тонкий слой тонера. Я использовал разные принтеры: Canon LBP800, 810; Hewlett Packard: 5L, 6L, 1100, 1200, во всех случаях результаты были примерно одинаковы. Очень важно отключить все опции экономии тонера и включить максимальный контраст печати, если это позволяют настройки принтера. В любом случае, чем толще будет слой тонера, тем лучше для процесса.

Вопрос выбора носителя для печати является, пожалуй, самым основным. Уж чего только на эту тему не писали и не пробовали использовать! Кто-то даже предлагал печатать прямо на текстолите, помещая его в приемный лоток принтера! Как при этом не убить принтер, деликатно умалчивалось. Менее варварским способом выглядела печать на алюминиевой

пищевой фольге, с последующим ее растворением в травильном растворе. Я не пробовал этот способ, ничего про фольгу сказать не могу, но вот принтеру пришлось бы определенно несладко.

Если рассуждать логически, «носитель» должен обладать противоречивыми свойствами. Сначала, при печати, он должен принимать тонер и крепко удерживать его на своей поверхности. Впоследствии, после «прижаривания», тонер должен так же легко отделяться от поверхности носителя и оставаться на текстолите. У большинства радиолюбителей все эксперименты в этом направлении начинались с обычной офисной бумаги. Результаты, как правило, были отрицательные: тонер глубоко «въедается» в поры и впоследствии удаляется с платы вместе с бумагой при отмачивании. Часть тонера, правда, остается, но травить такую плату без серьезного ретуширования нельзя. Следующая мысль, которая приходит в голову экспериментатора, использовать бумагу вообще без пор. На эту роль хорошо подходит основа от самоклеящейся пленки, но и здесь не все замечательно. Тонер на восковой поверхности основы держится очень плохо, и в большинстве случаев при печати он наматывается на фторопластовый барабан печки, после чего принтер приходится разбирать и чистить. По крайней мере у меня выходило именно так. Все мои эксперименты в результате привели к трем вариантам пригодных к использованию носителей.

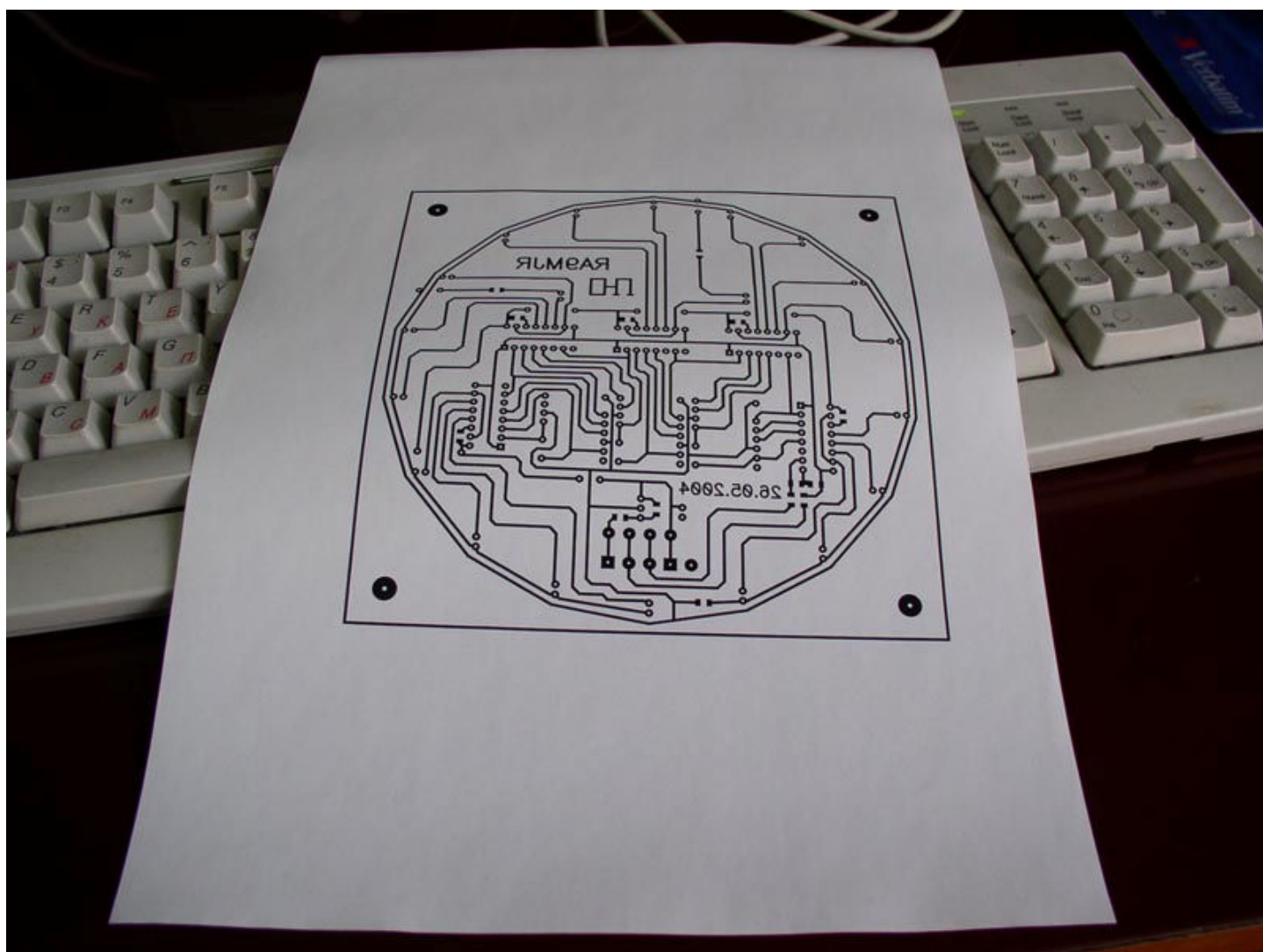
Первый вариант - термобумага для факса. За небольшие деньги можно купить рулон внушительной длины. При печати тонер держится на ней хорошо, прилипает к плате и



впоследствии отделяется от бумаги тоже замечательно. Все портит один серьезный недостаток: бумага эта очень тонкая и не все принтеры могут ее протянуть. Чаще всего она или застреивает, или выходит сильно помятая. Иногда печать проходит успешно, но редко это получается с первого раза. Кто-то предлагал использовать «бутерброд»: на листе обычной офисной бумаги скотчем закреплялся лист бумаги от факса. Я эту идею не проверял и ничего сказать не могу. В общем «факсовку» можно рассматривать как вариант, если других вариантов нет.

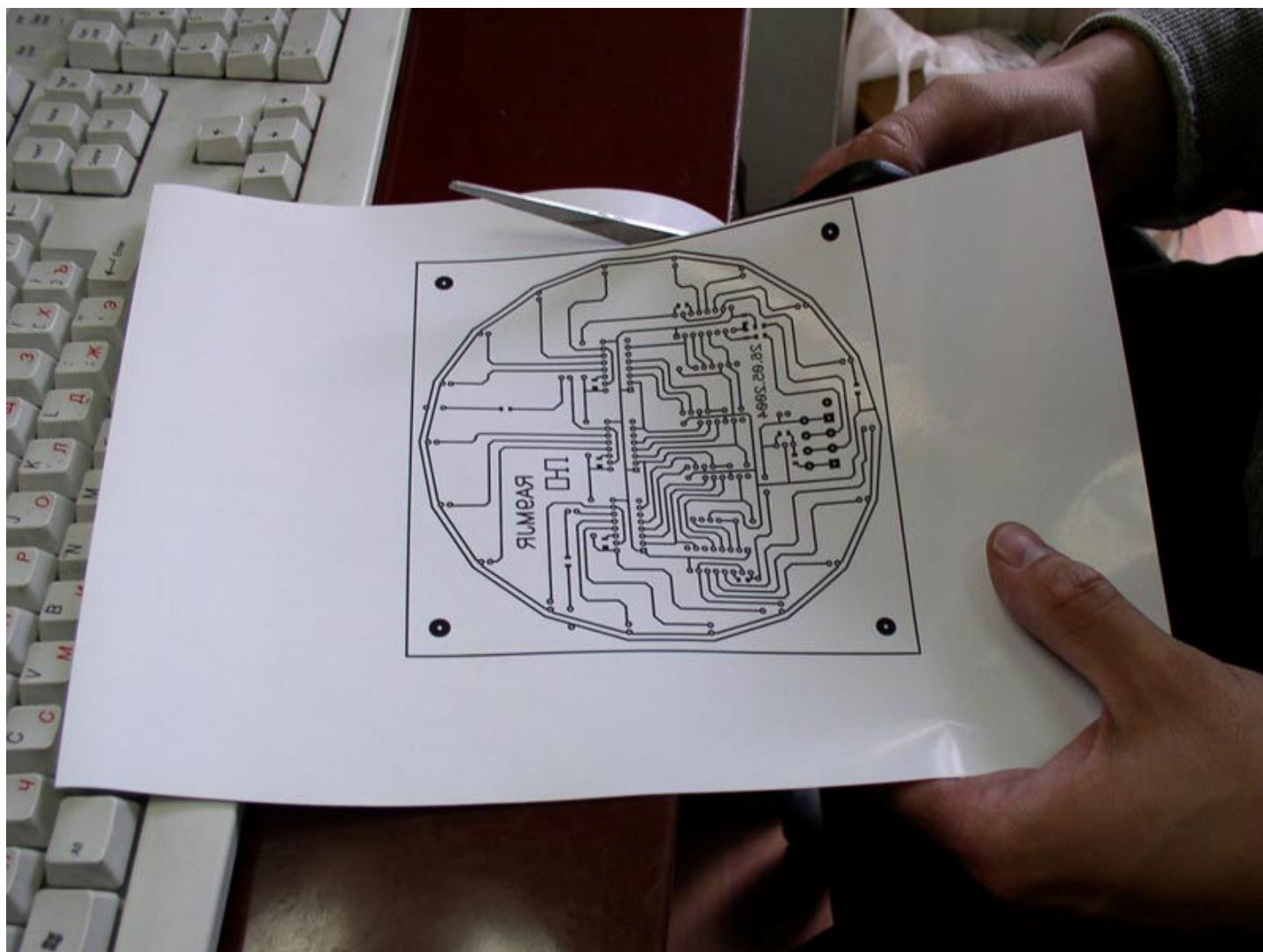
Вторым вариантом является глянцевая мелованная бумага от различных журналов. Ей, похоже, пользуется большинство радиолюбителей. Долгое время использовал ее и я. Берется любой ненужный журнал, напечатанный на глянцевой мелованной бумаге. Я использовал журналы мод, журналы на автомобильную тематику, еще какие-то. Их названий уже не помню, но это и не важно. Поверхность должна быть гладкая, скользкая на ощупь и страницы должны блестеть в отраженном свете. Следует стремиться использовать страницы без картинок, с текстом на белом фоне, т.е. страницы с минимальным количеством типографской краски. Можно и с краской, но она несколько снижает качество. Из журнала вырезается лист А4, и на нем осуществляется печать.

Третий вариант - та же самая бумага, только совсем без типографской краски. Если в вашем городе есть полиграфические фирмы, специализирующиеся на печати тех самых журналов, то, как правило, у них можно купить такую бумагу. Обычно к ним она поступает в

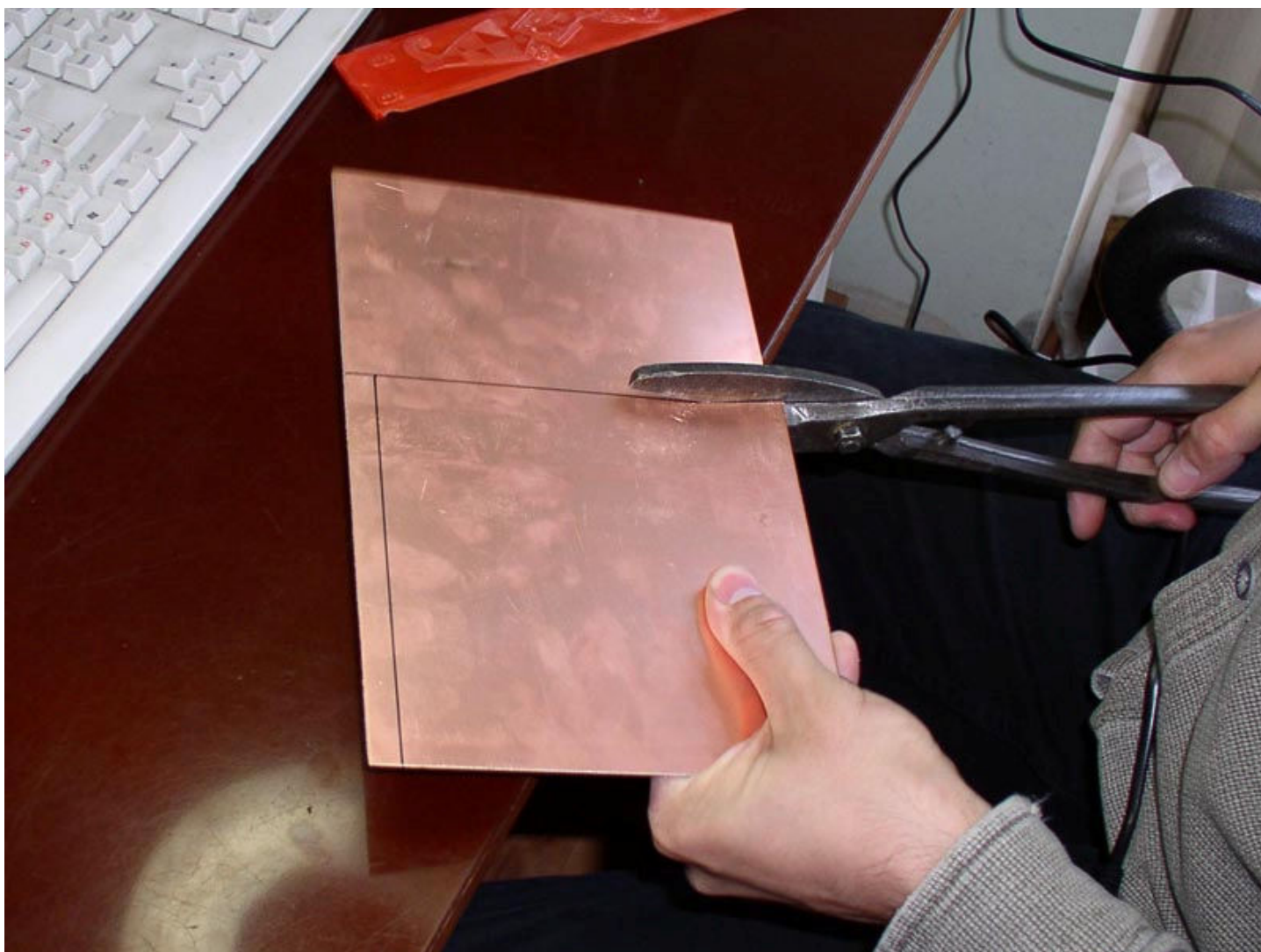


больших рулонах, и следует заказать нарезку под нужный формат. Меньше ста листов вам вряд ли продадут, но зато, если приобрести большую пачку, ее хватит надолго. Результат на такой бумаге однозначно лучше, чем на страничках журналов, и последнее время я пользуюсь только ей. Она же и на фотографиях.

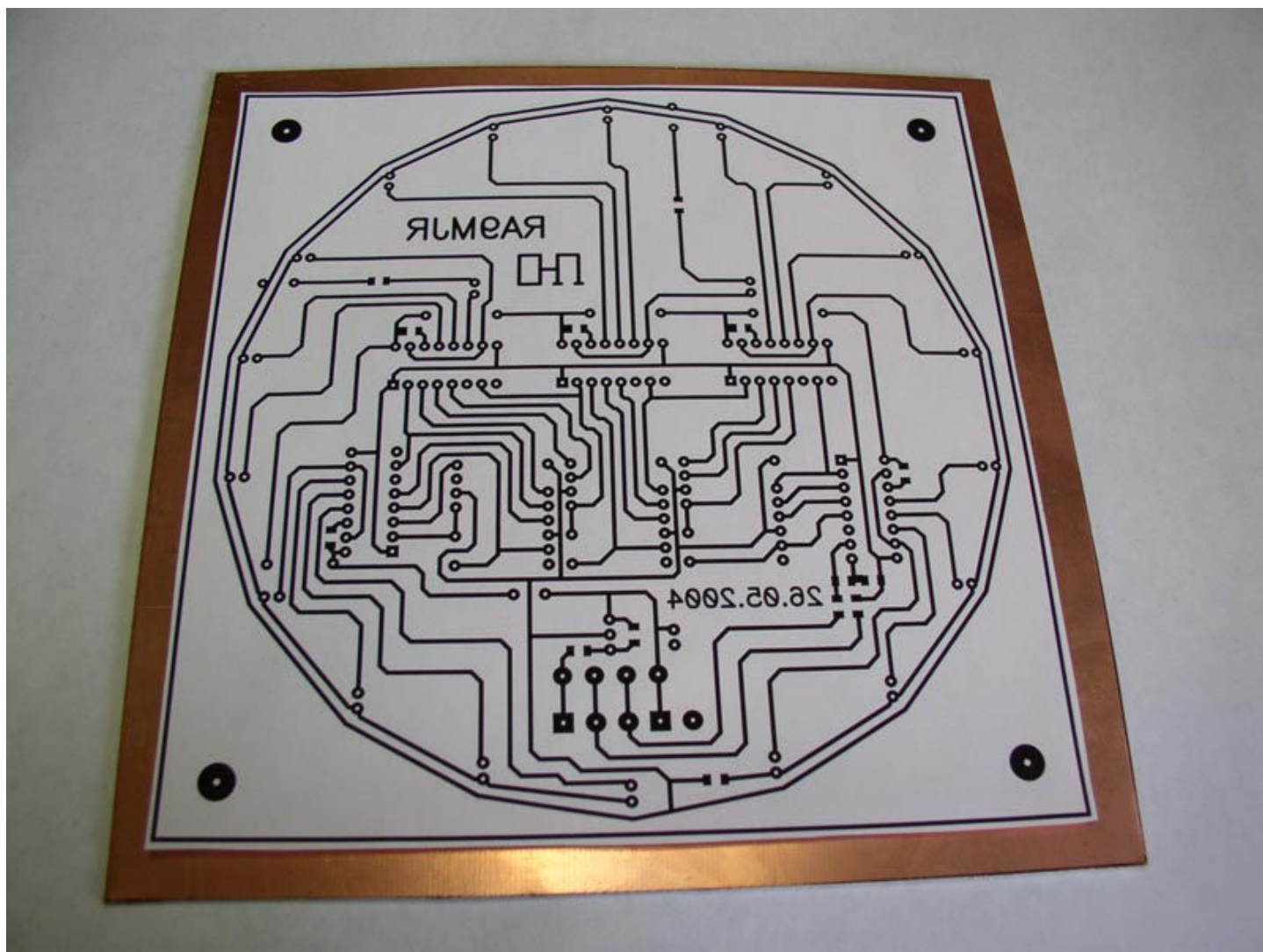
После печати обрезаем рисунок по контуру, оставляя запас в несколько миллиметров.



Вырезаем из стеклотекстолита заготовку несколько большего размера.



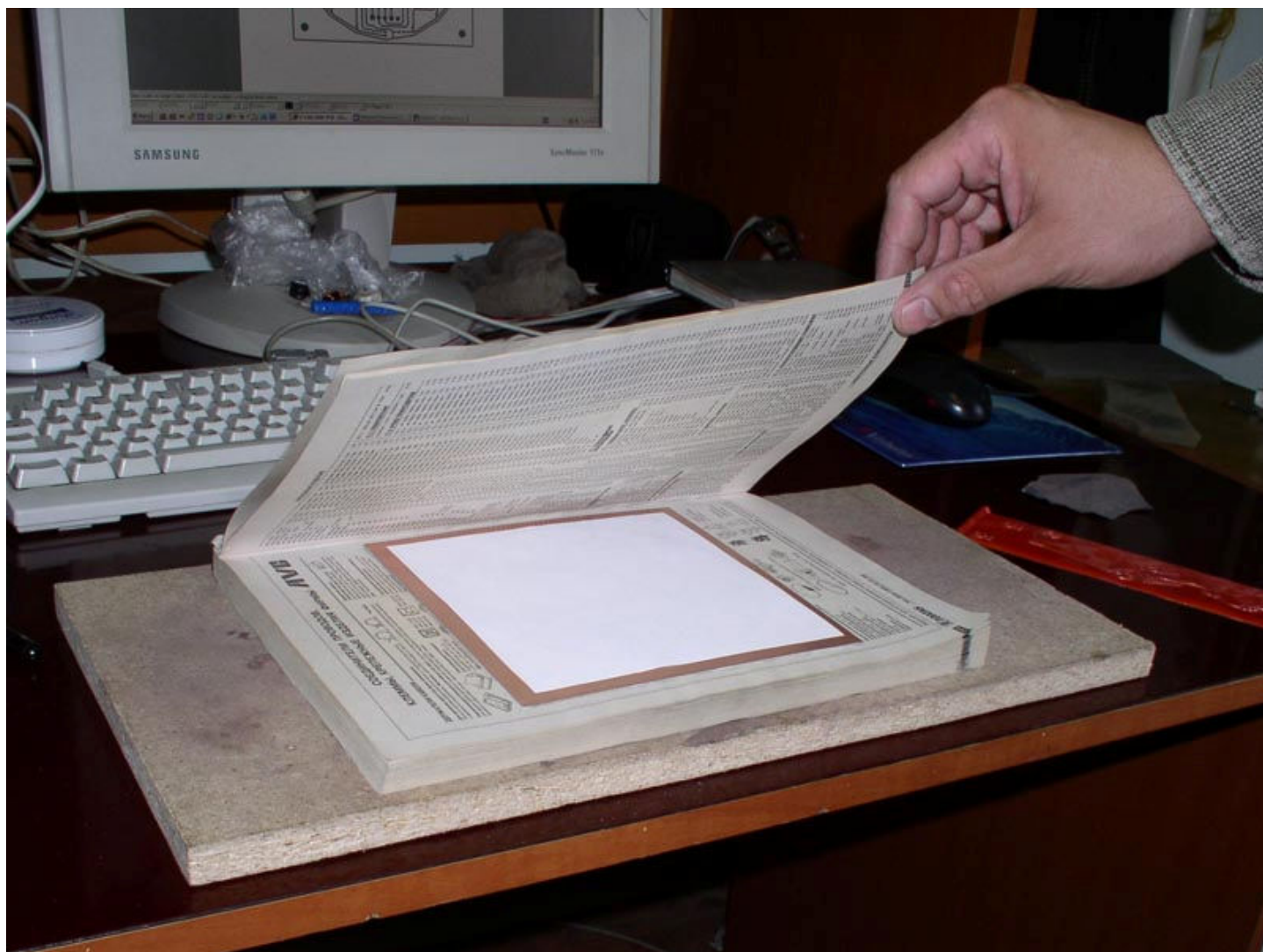
Запас по краям – порядка 10 мм.



Рабочую поверхность заготовки тщательно обрабатываем мелкой наждачной бумагой и потом обезжириваем ацетоном. Поверхность должна получиться слегка матовой, не следует «полировать» ее до блеска. После обезжиривания трогать заготовку руками крайне не рекомендуется.



На заготовку кладется бумага с рисунком, тонером вниз. Получившийся «бутерброд» помещается внутрь любой книги с жестким переплетом. Я использую старый каталог фирмы «Платан» формата А4 с тонкими страницами. Большинство аналогичных изданий имеет мягкий переплет, листы соединяются посредством клея, и мгновенно расползаются при нагреве утюгом. Поэтому лучше, если листы будут соединяться нитками. Над заготовкой должно быть 4-6 листов. Они предотвращают смещение рисунка, позволяют равномернее распределять давление утюга и не поцарапать его подошву об острые углы заготовки.



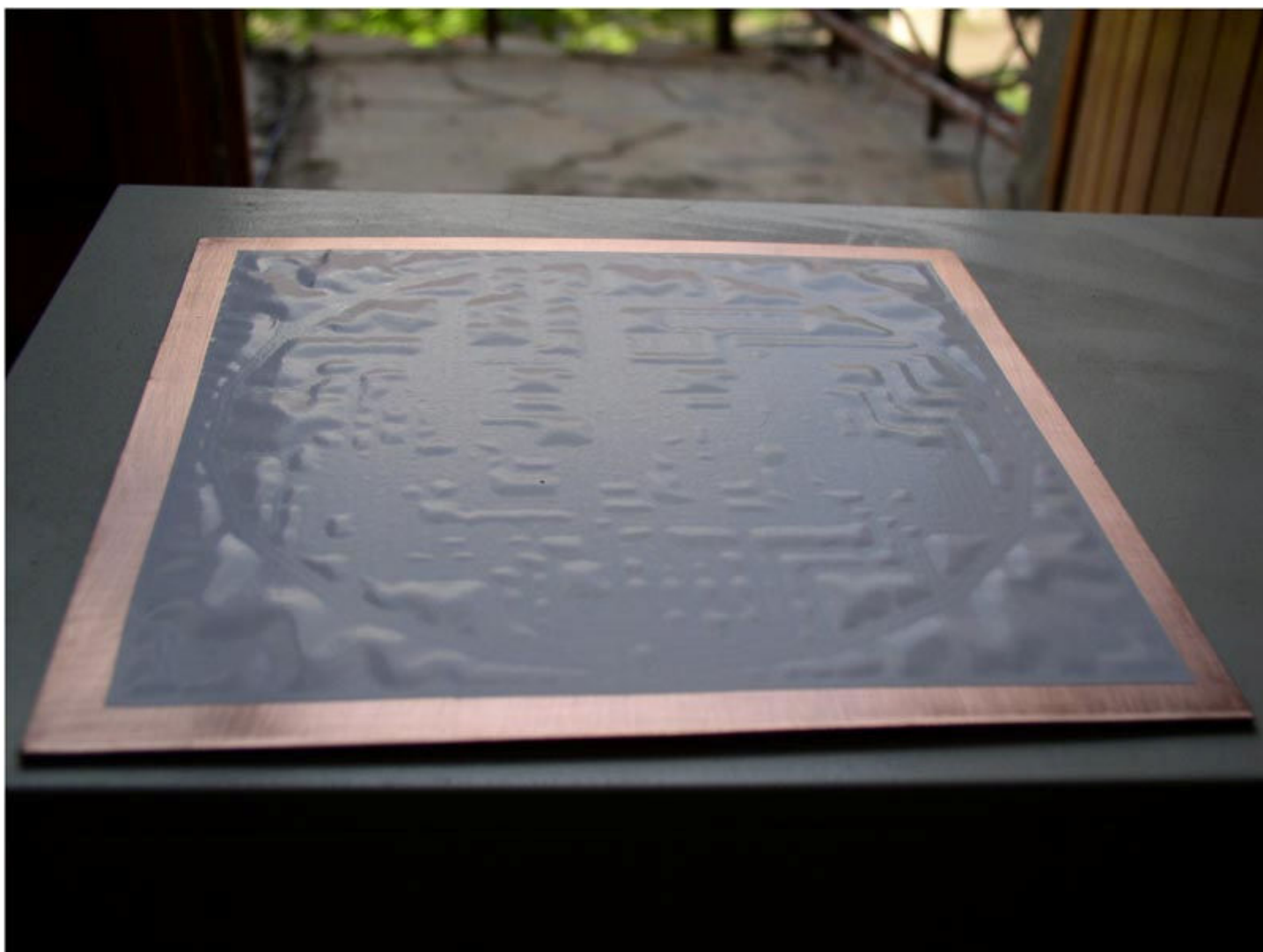
Температуру утюга следует подобрать экспериментальным путем. При оптимальной температуре тонер становится вязким, но не становится жидким. Если температура будет ниже нормы – часть дорожек не переведется. Если выше – рисунок растечется. Большинство импортных утюгов (исключая дешевые китайские) на заводе калибруются примерно одинаково, и значение оптимальной температуры для них лежит примерно посередине между «двойкой» и «тройкой». От этого и следует отталкиваться. После экспериментов можно нанести метку на диск регулятора, что впоследствии облегчит установку оптимальной температуры. Если в семье идет речь о приобретении нового утюга, а вы планируете его использовать для своих целей, лучше выбрать модель со стальной подошвой. Она, в отличие от алюминиевой, гораздо лучше скользит по бумаге и не царапается. Что касается дешевых китайских образцов, часто они не способны прогреть заготовку даже на максимальной мощности.



Сам процесс «отглаживания» занимает в среднем от двух до шести минут, в зависимости от размеров платы. Это один из самых ответственных этапов. Сначала следует круговыми движениями с небольшим нажимом равномерно прогреть заготовку. Обычно на это уходит около минуты. Потом передней частью утюга последовательно проглаживается вся площадь заготовки. Нажим при этом должен быть сильнее. В заключении, я обычно несколько раз прохожу плату ребром утюга в направлении от переплета к краю. Это нужно делать очень аккуратно, чтобы не произошло смещения и размазывания рисунка. Сложно рассказать, где и сколько нужно греть и как сильно давить на утюг. Этому можно научиться только посредством практики, что называется «набив руку». Другого способа просто нет.



После «отглаживания» заготовка вынимается из книги и кладется на стол до полного остывания. Уже на этом этапе можно увидеть как прилип тонер. При остывании бумага коробится, но там где тонер прилип, она остается ровной. Это хорошо видно на фотографии.



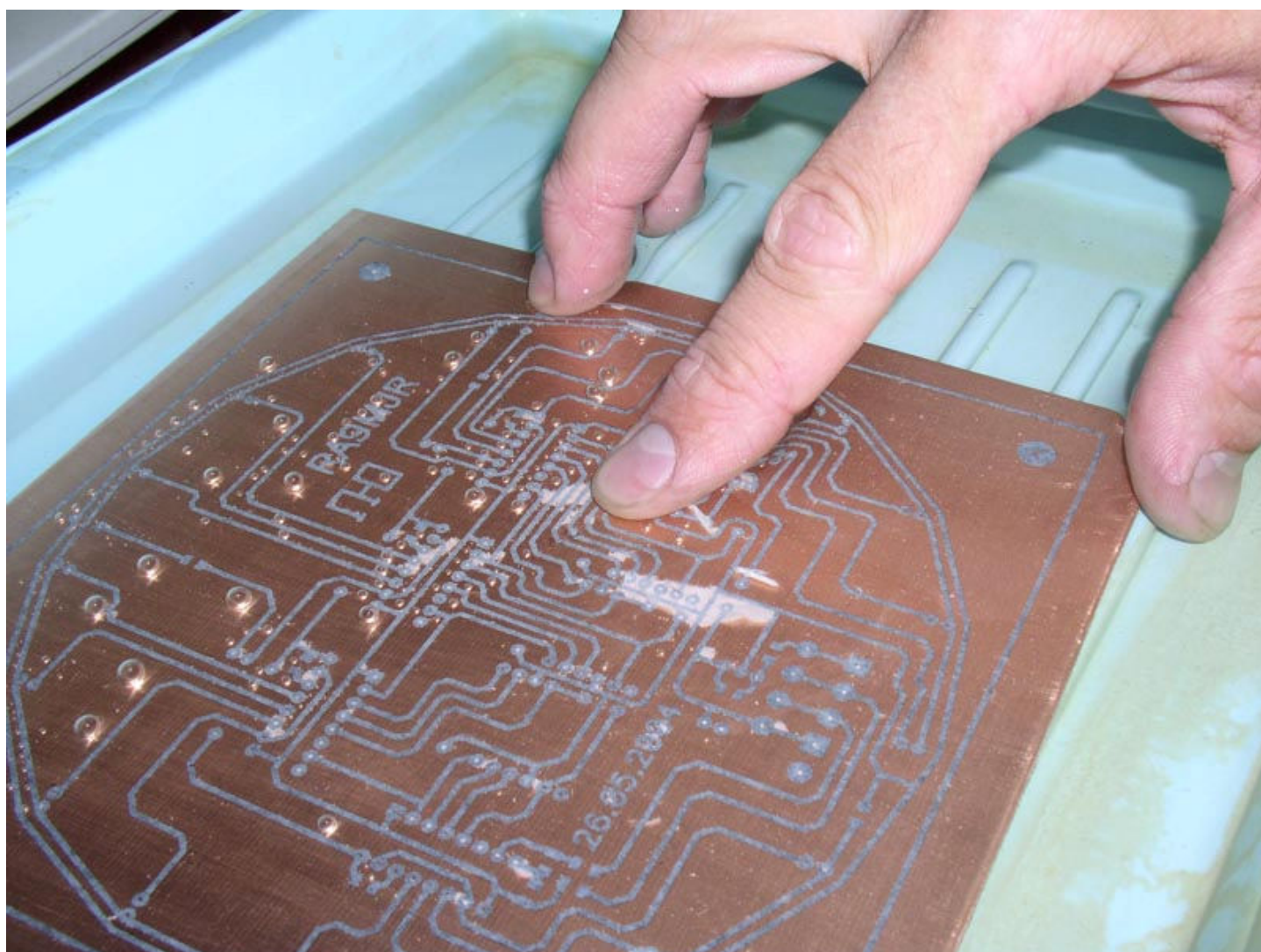
После полного остывания заготовка кладется в ванночку с водой комнатной температуры для отмачивания. Чем дольше будет размокать бумага, тем лучше. Для той, которую я использую, время составляет около 20 минут. Можно и меньше, но риск повредить тонер возрастает.



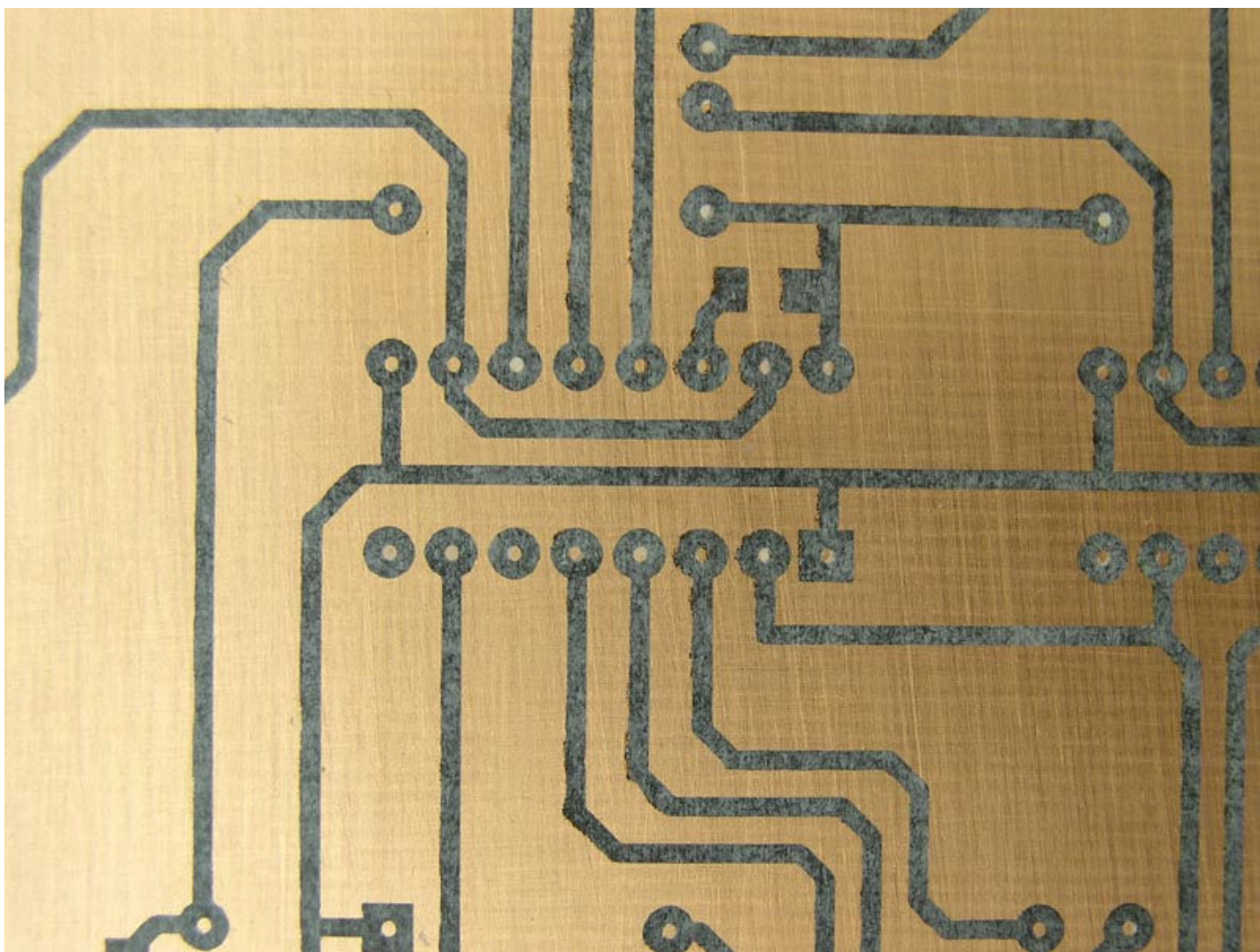
Раскисшая бумага осторожно снимается с заготовки.



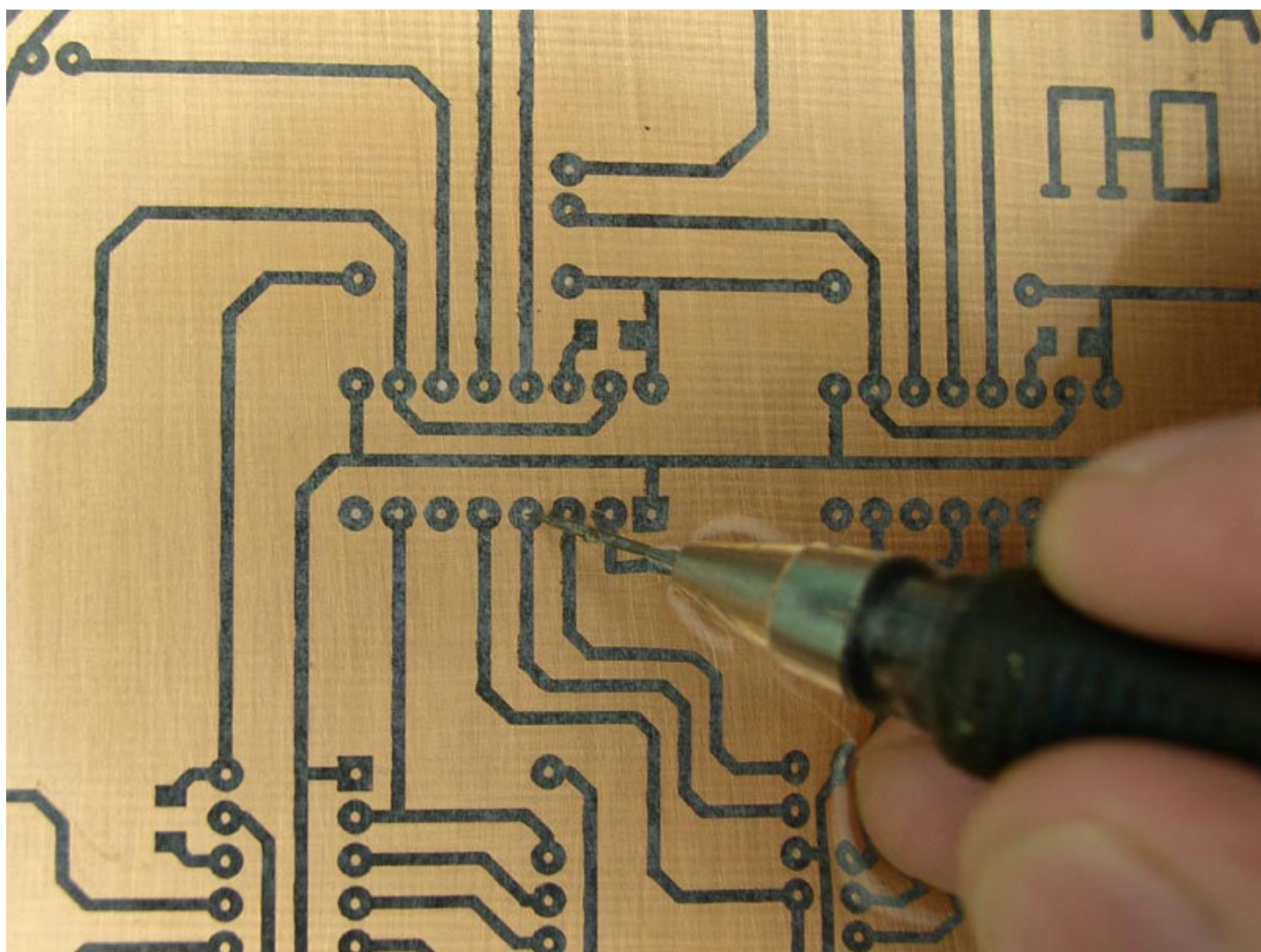
Не отделившаяся бумага аккуратно скатывается подушечками пальцев. Если тонер «прижарился» хорошо, он держится крепко и сорвать его пальцем очень тяжело.



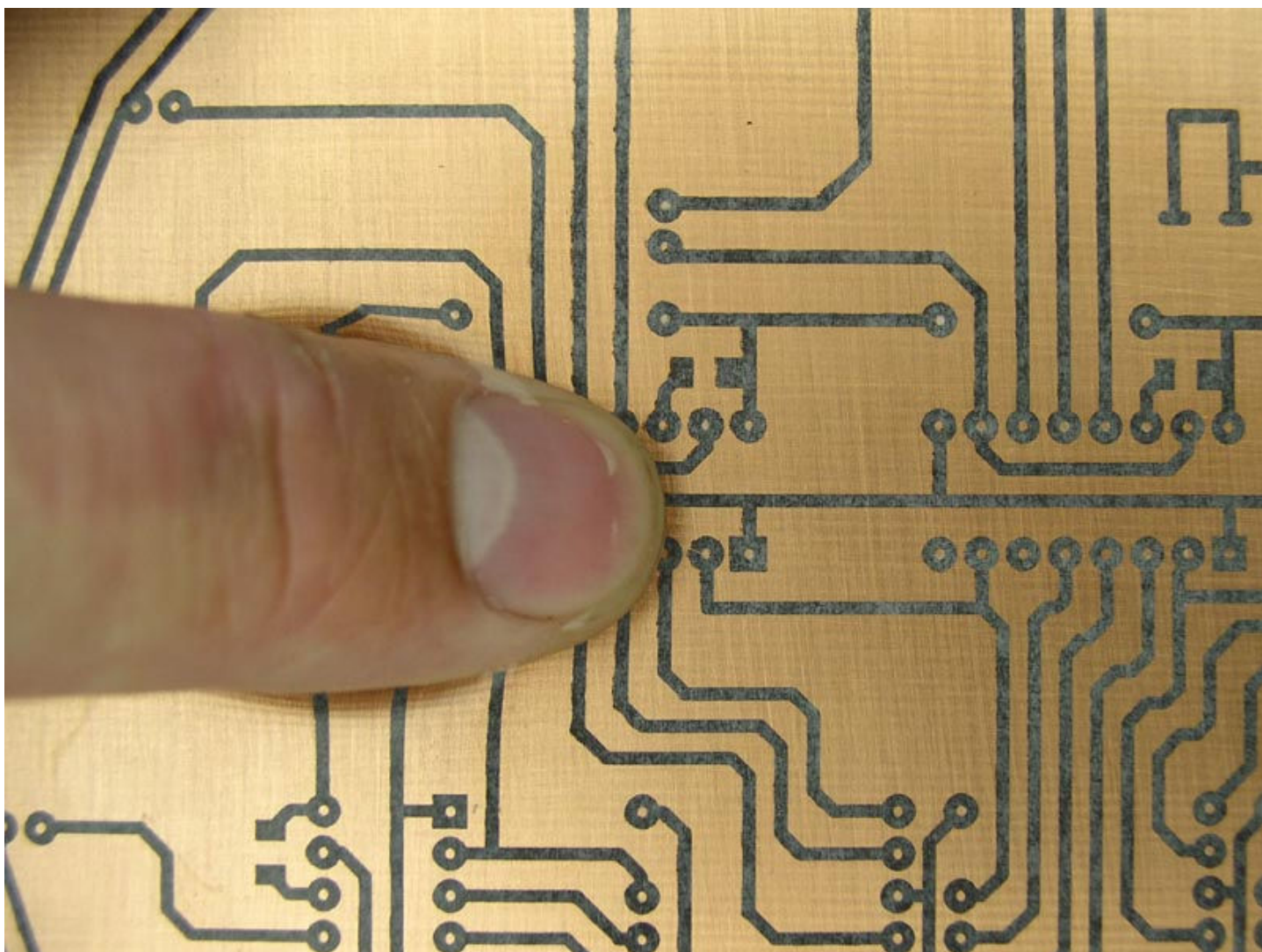
Часто в отверстиях контактных площадок остается бумажная пленка, которую следует удалить.



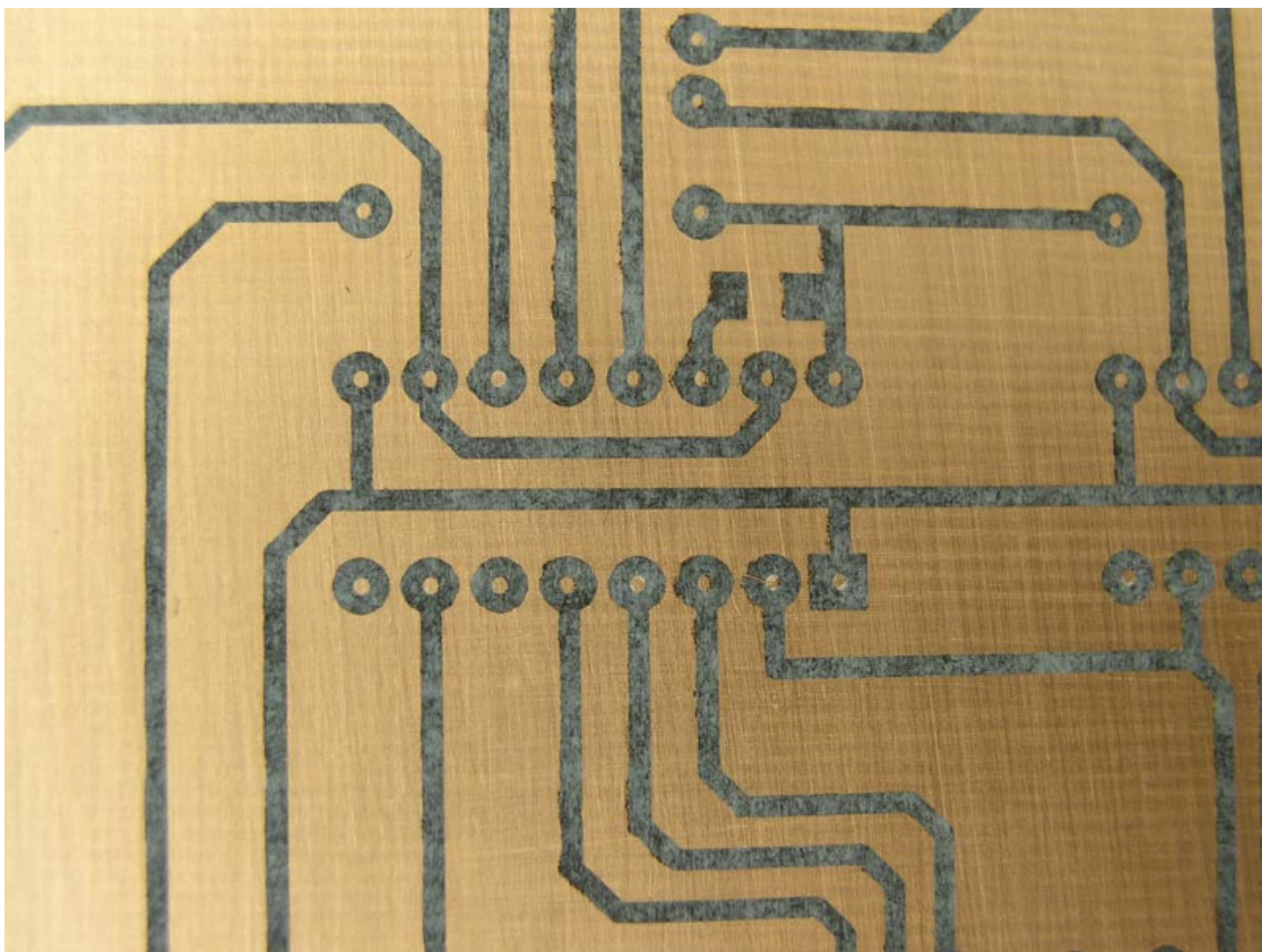
Аккуратно прокалываем пленку тонкой иглой.



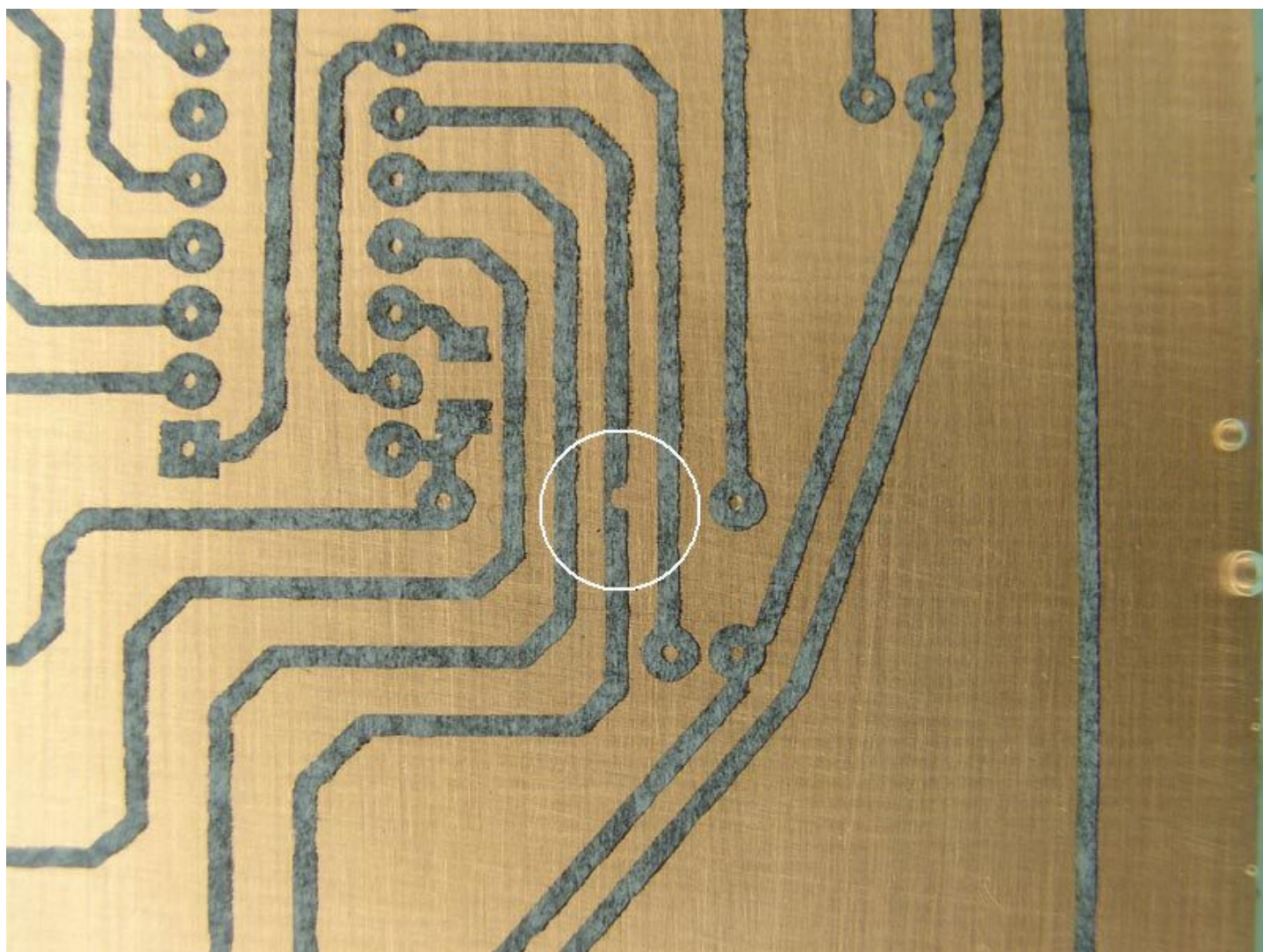
Убираем остатки пленки подушечкой пальца.



Должно получиться примерно так.



На этой фотографии показаны два типичных дефекта, которые очень часто возникают даже у опытных специалистов. Это неполный перевод тонера (он в кружочке) и размазывание дорожек, вызванное смещением рисунка. Для данного типа платы размазывание невелико, и с ним можно смириться, а вот дорожку придется подретушировать.



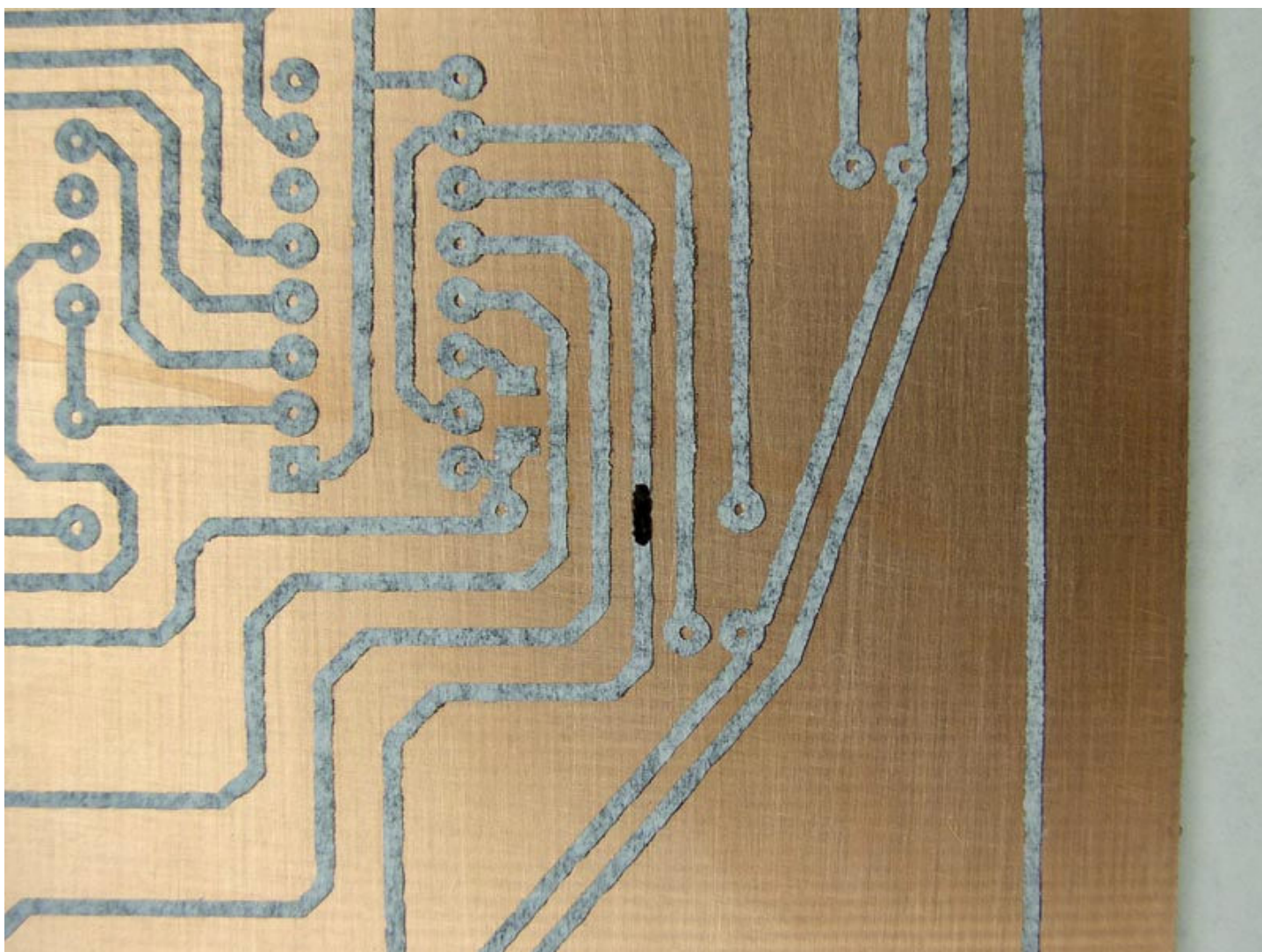
Заготовка сушится. При высыхании слой мела с бумаги окрашивает рисунок в белый цвет.



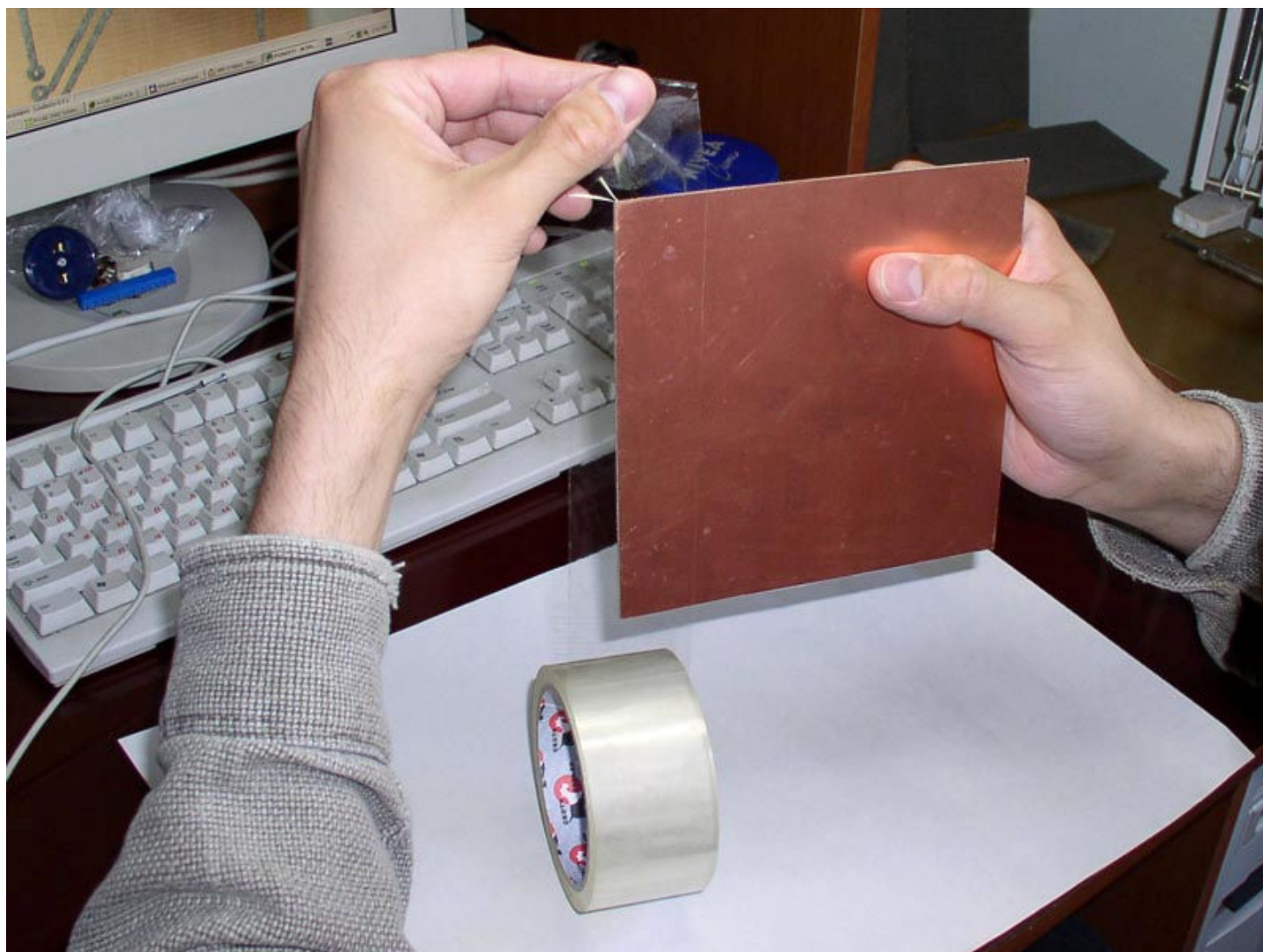
Ретушировать рисунок следует любой нерастворимой в воде краской. Я использую спиртовые маркеры для компакт-дисков. Все корректируемые места следует прокрашивать по несколько раз, чтобы слой маркера был толще.



Фрагмент заготовки после ретуширования.



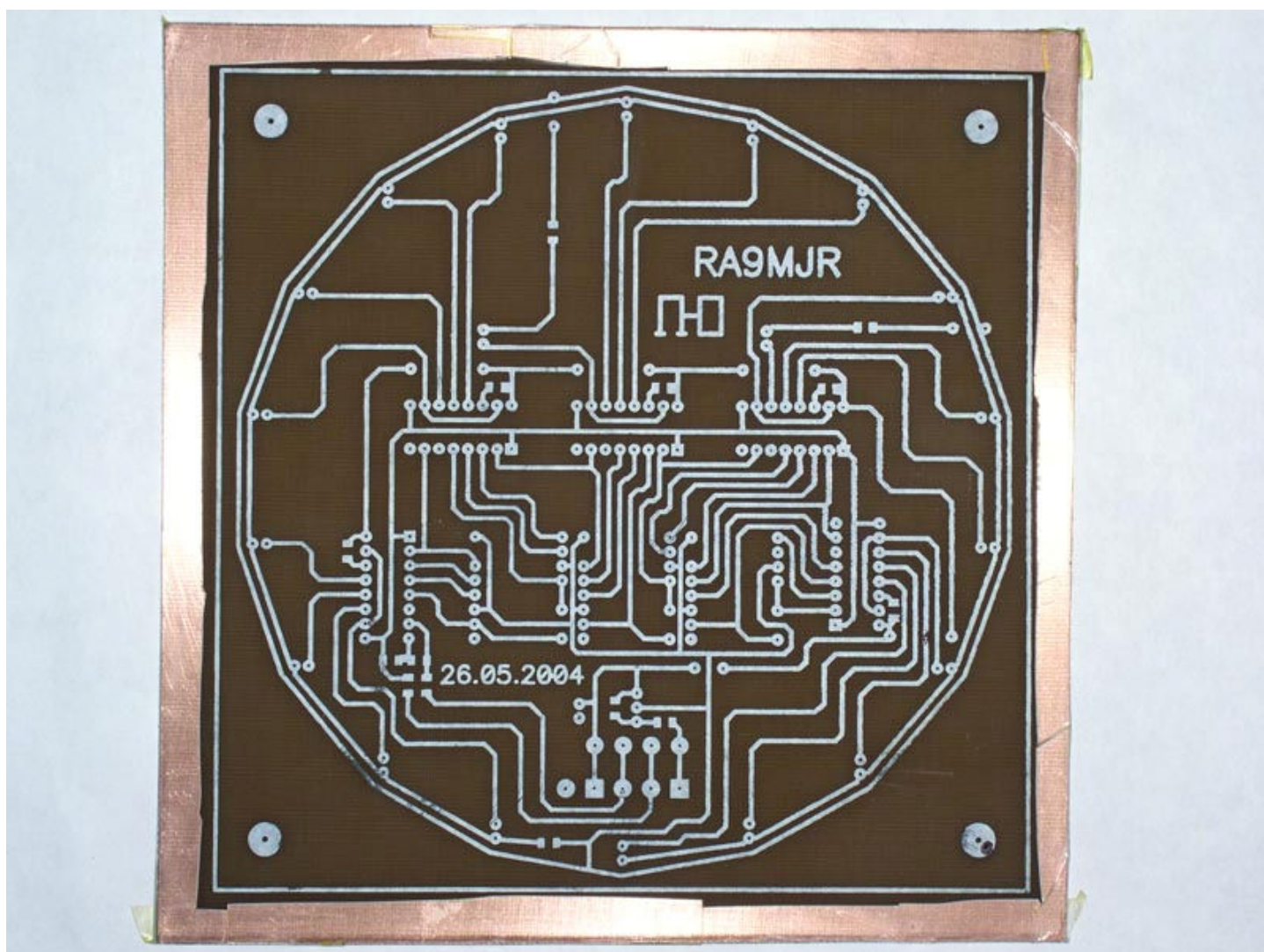
Если вторая сторона платы выполняет роль общего провода или экрана, ее следует защитить от травления. Лучше всего это сделать при помощи широкого канцелярского скотча. Последовательно внахлест наклеиваем полоски, загибая края на другую сторону.



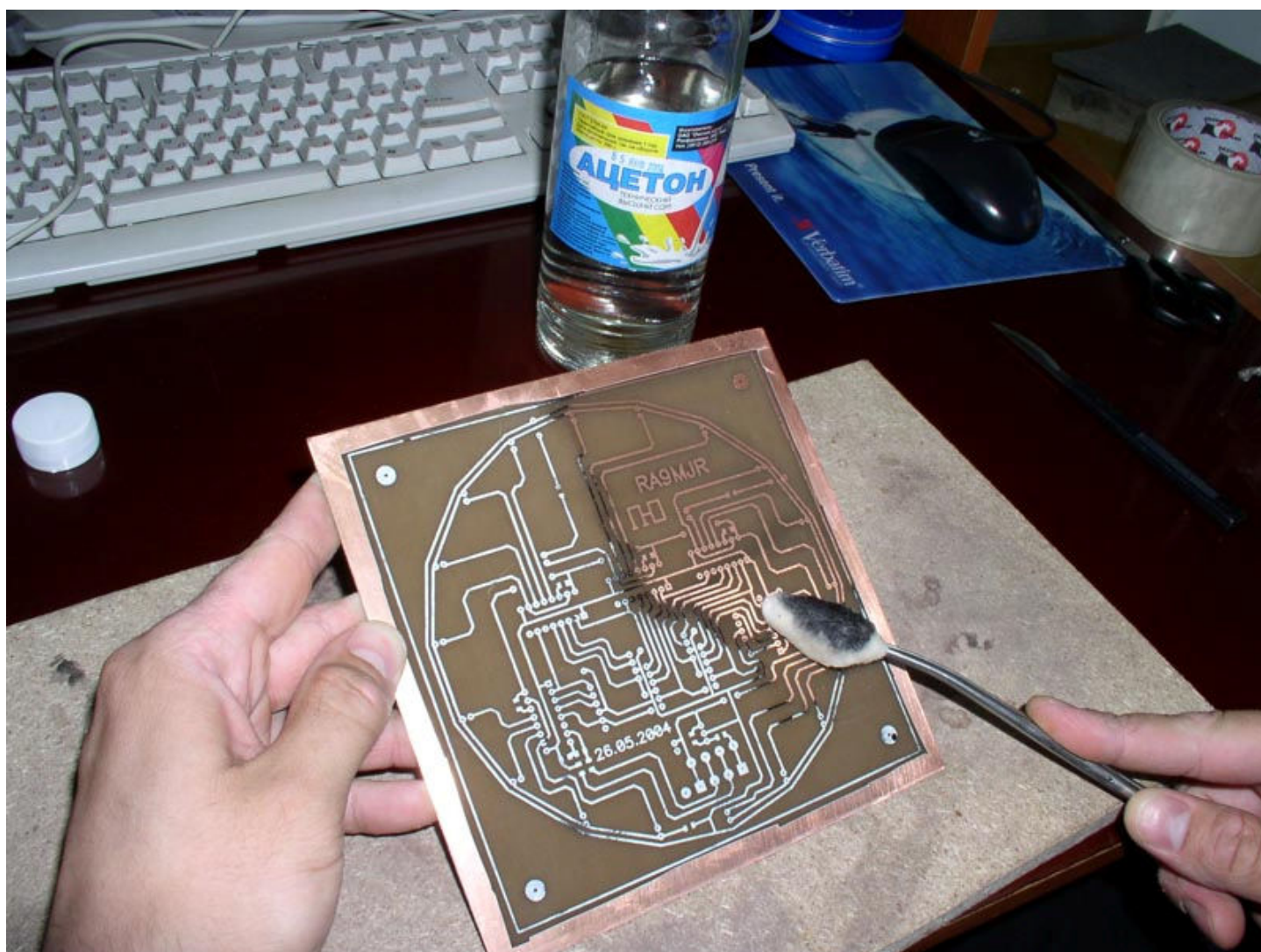
Травим заготовку. Я использую раствор хлорного железа и применяю для этих целей фотованночку. Для обеспечения равномерного травления ванночку следует покачивать. Если раствор качественный, процесс проходит быстро и постоянное покачивание не сильно утомляет.



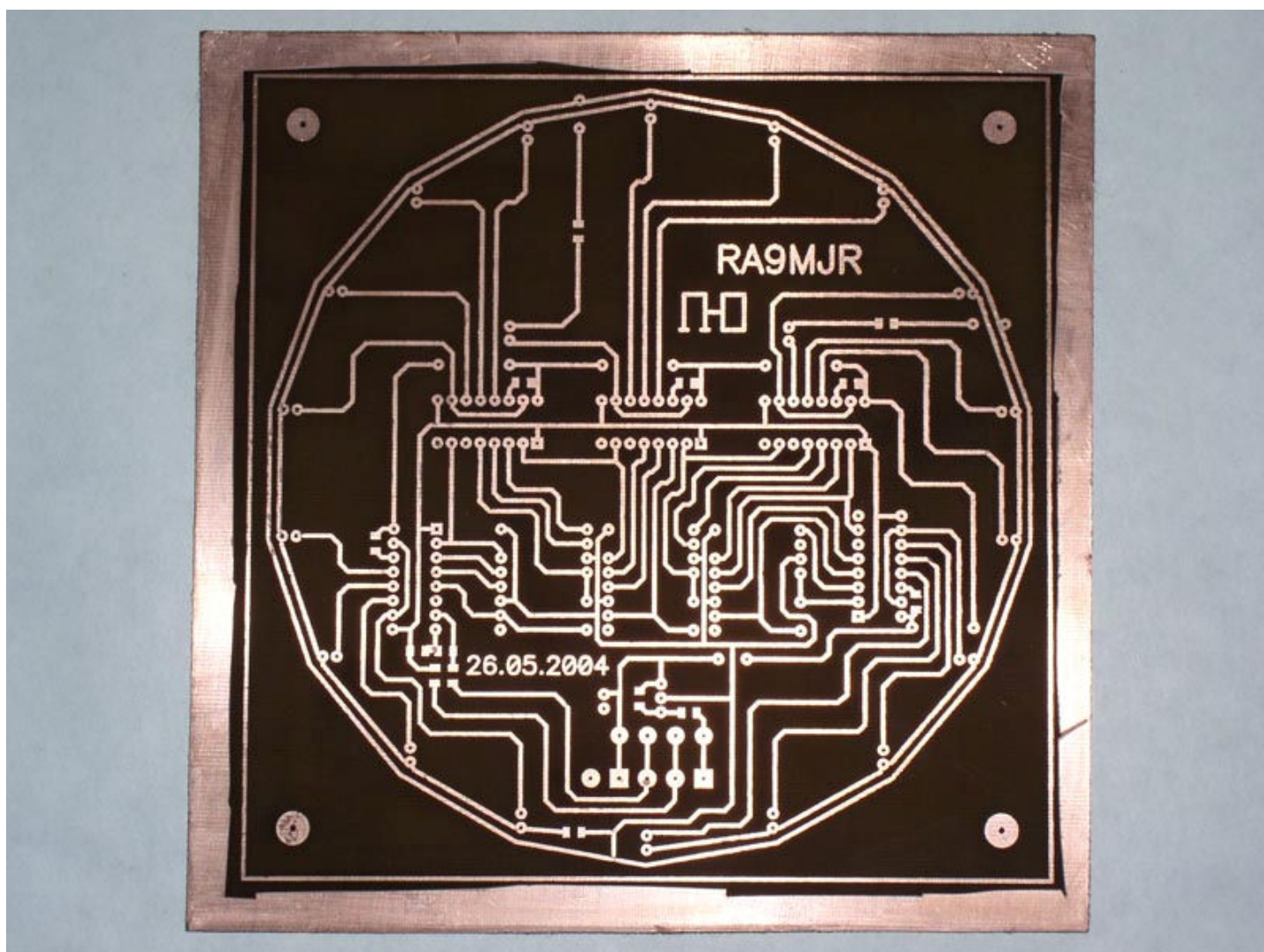
Вот так выглядит вытравленная, вымытая и высушенная заготовка.



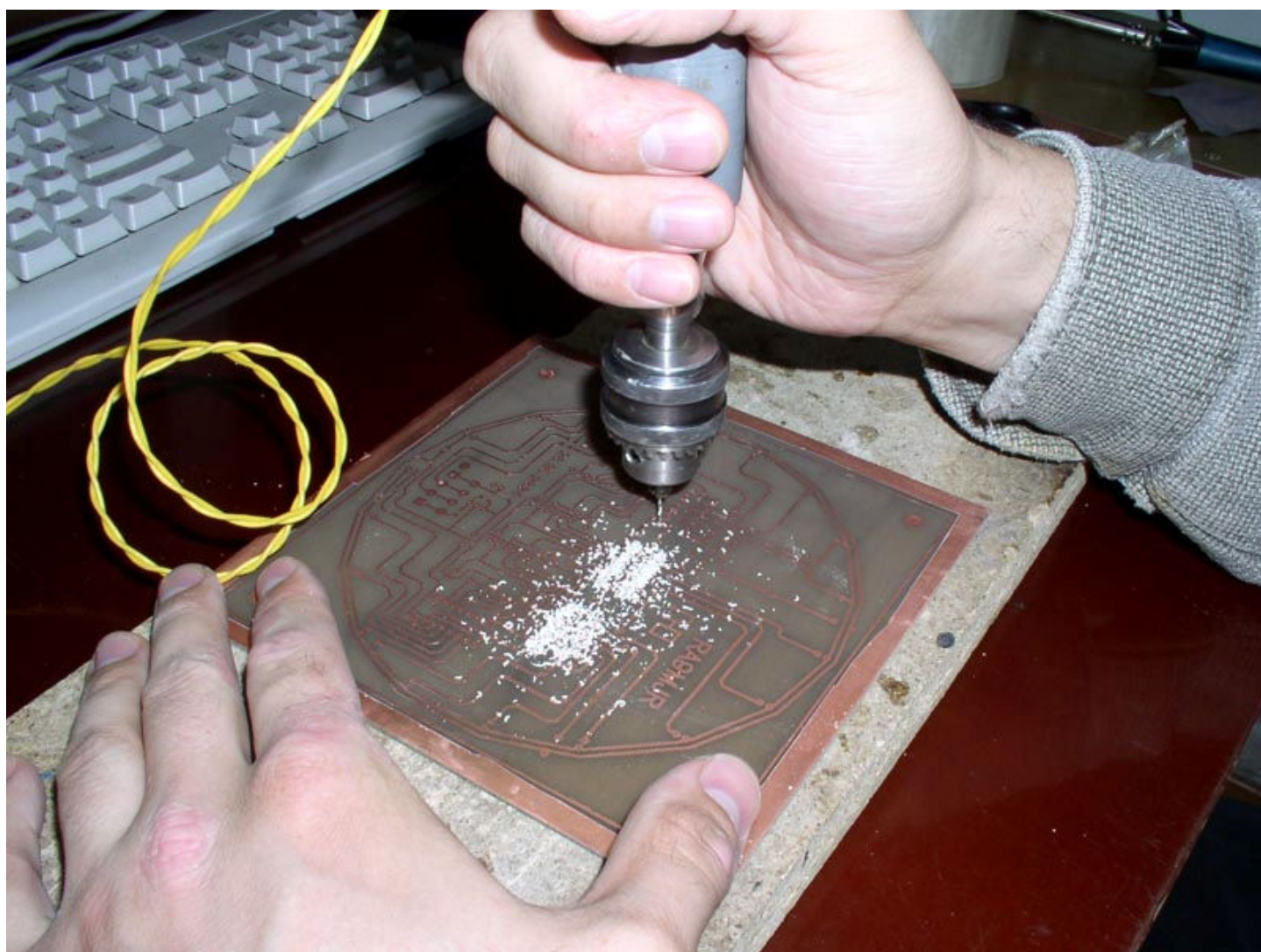
Снимаем скотч. При помощи ацетона и ваты (хотя тряпочка для этих целей лучше) снимаем тонер.



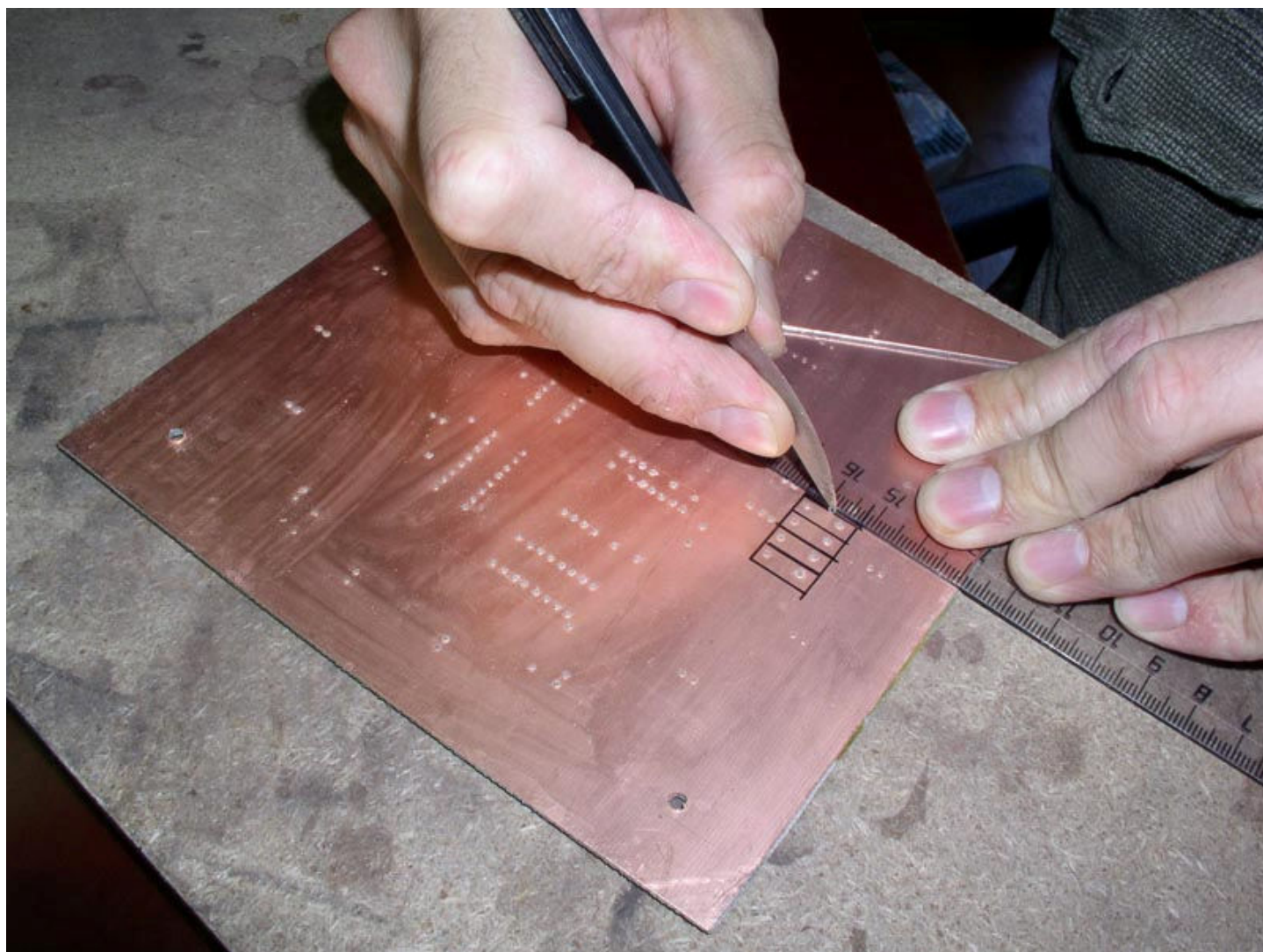
Вот так выглядит заготовка без тонера. На этом этапе не следует обрезать края. Если это сделать, при последующей зачистке вы снимете с углов слой меди и плата будет иметь неприглядный вид.



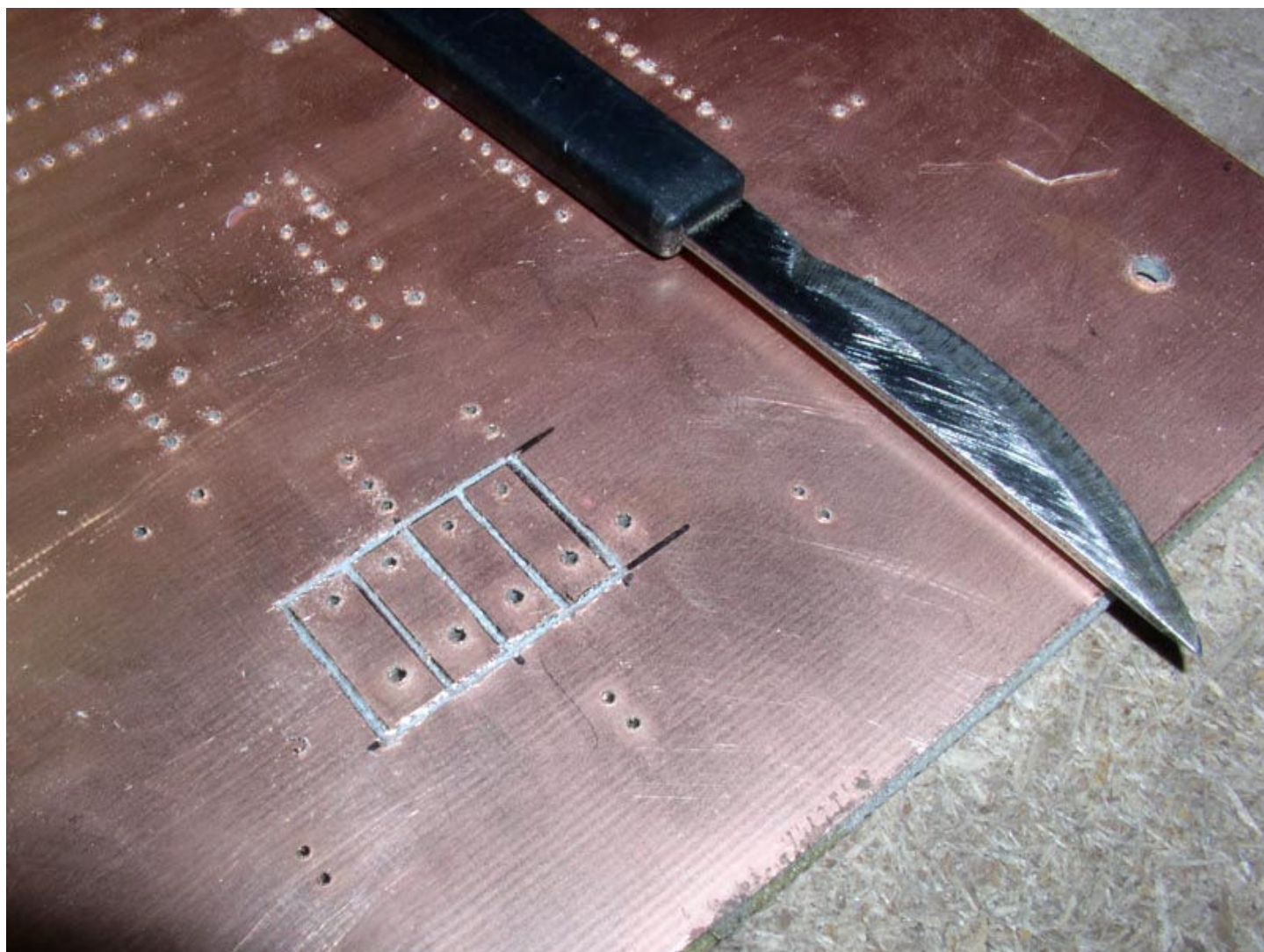
Сверлим все отверстия.



Если на обратной стороне должен быть какой-либо рисунок, размечаем его и прорезаем при помощи резака или скальпеля.



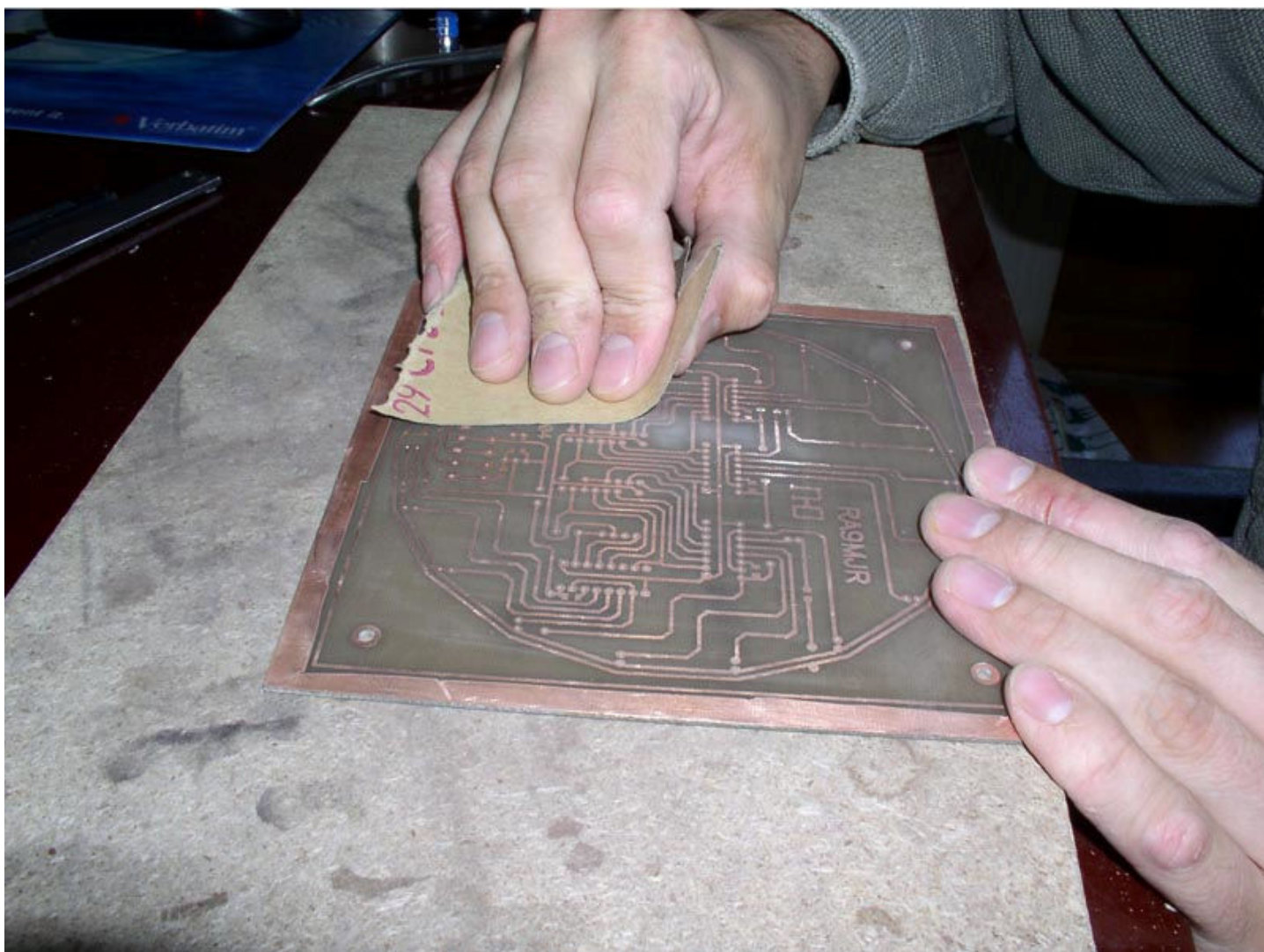
Прорезали.



При помощи абразивного брусочка удаляем крупные заусенцы с обеих сторон заготовки.



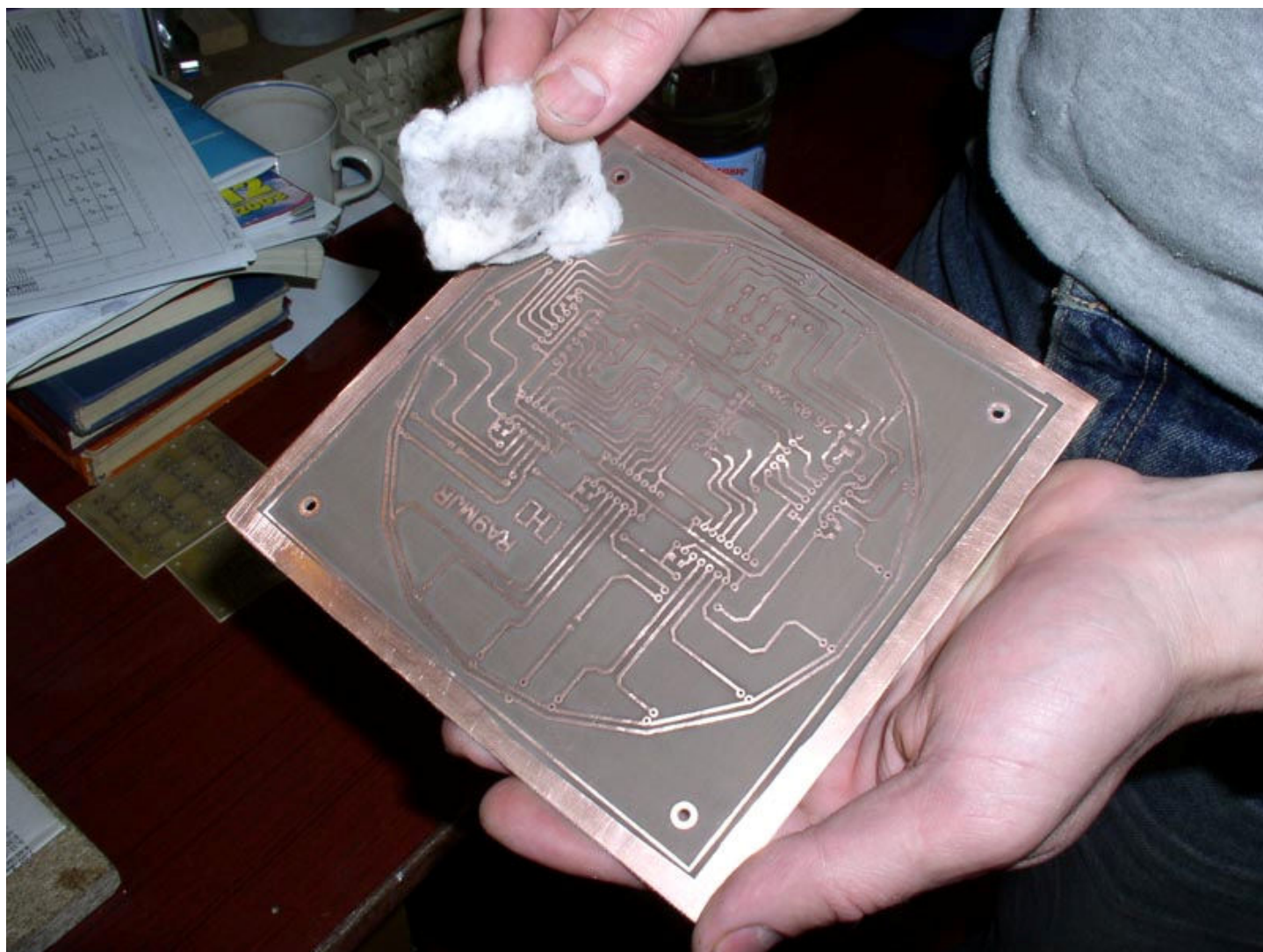
Мелкой наждачной шкуркой зачищаем обе стороны заготовки до блеска.



Лудить плату можно разными способами. Можно лудить паяльником. Но в этом случае обычно образуются потеки припоя, препятствующие установке SMD компонентов. Я люблю лудить платы в ванне со сплавом Розе. Для этого нужно взять стеклянную, эмалированную или нержавеющую ванночку, налить в нее глицерин и поместить горсть кристаллов сплава. Ванночка нагревается на плитке, сплав плавится и становится жидким. Глицерин при этом слегка «дымит». По имеющимся сведениям, можно вместо сплава Розе применять сплав Вуда. Он плавится при меньшей температуре, но в раствор обязательно надо добавлять лимонную кислоту, иначе он очень плохо прилипает к фольге. Однако сам я сплав Вуда ни разу не использовал.



Обе стороны заготовки следует протереть тряпочкой или ватой, смоченной в спирте. Если этого не сделать, вся грязь, оставшаяся после зашкуривания, попадет в глицерин и будет плавать в нем коричневыми хлопьями.



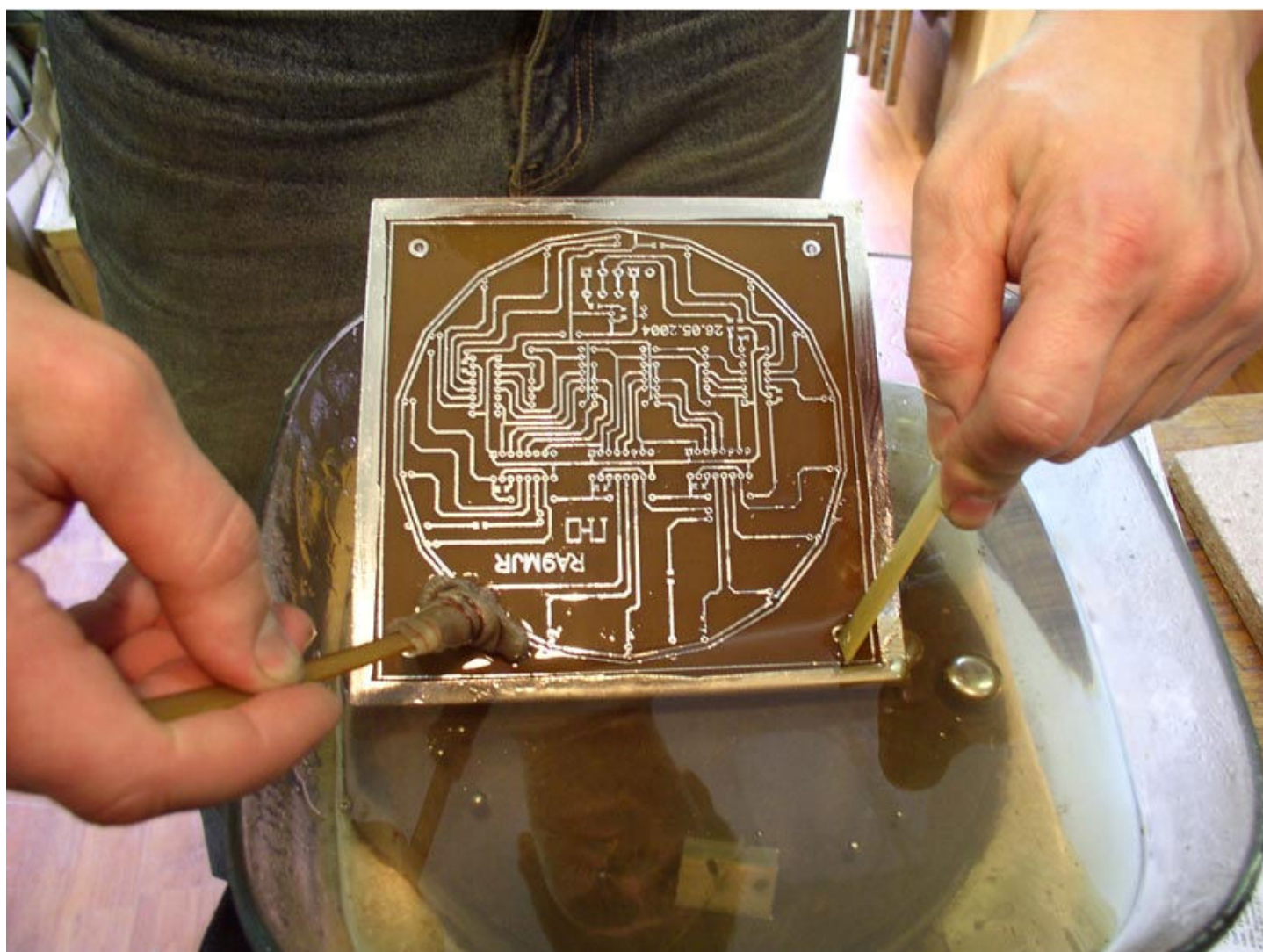
Помещаем заготовку в ванну. При помощи деревянной или текстолитовой палочки, с намотанной на конце тряпкой, раскатываем сплав по поверхности заготовки.



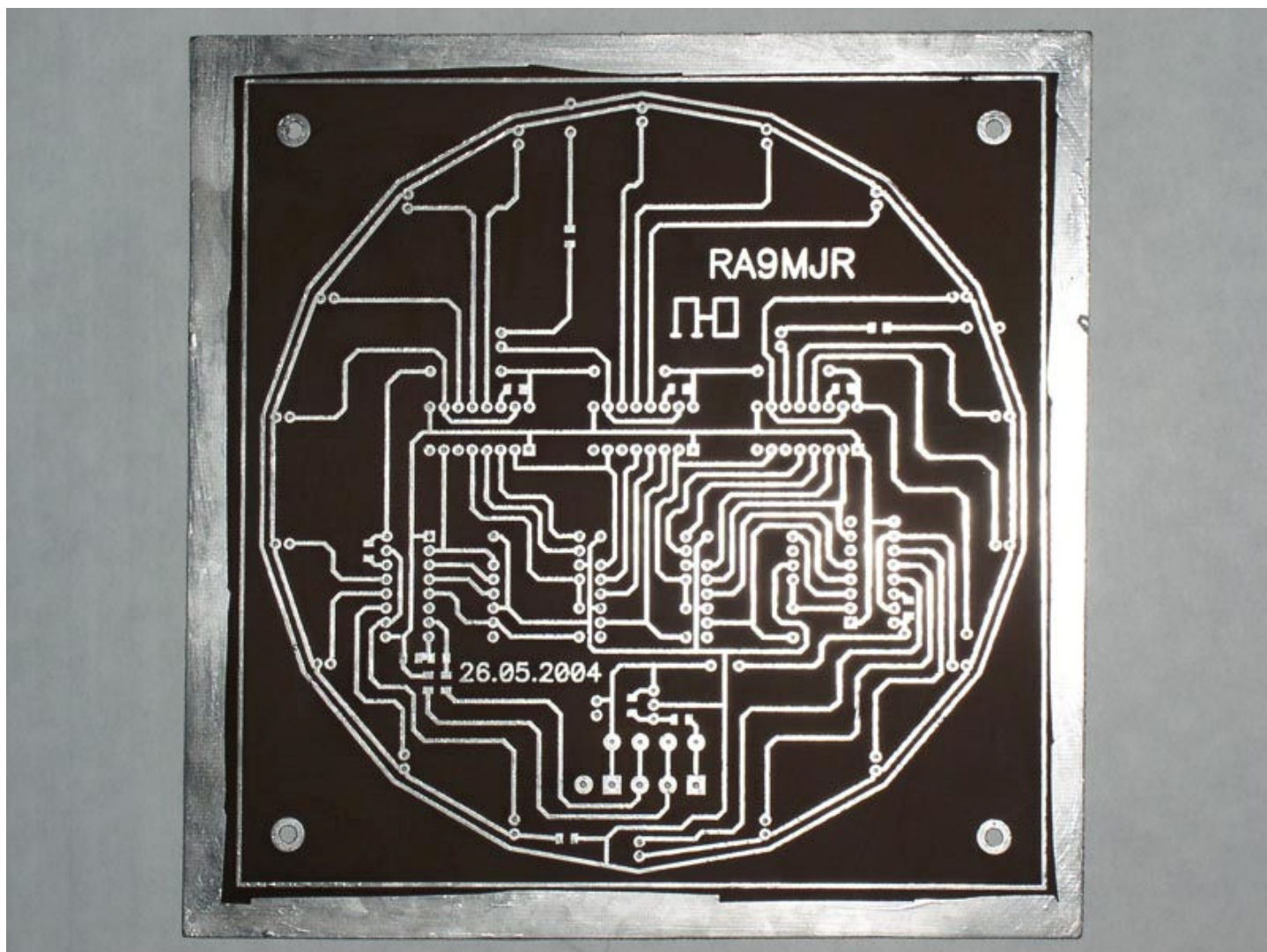
Когда вся поверхность залужена, располагаем заготовку вертикально и убираем излишки сплава.



То же самое с другой стороны.



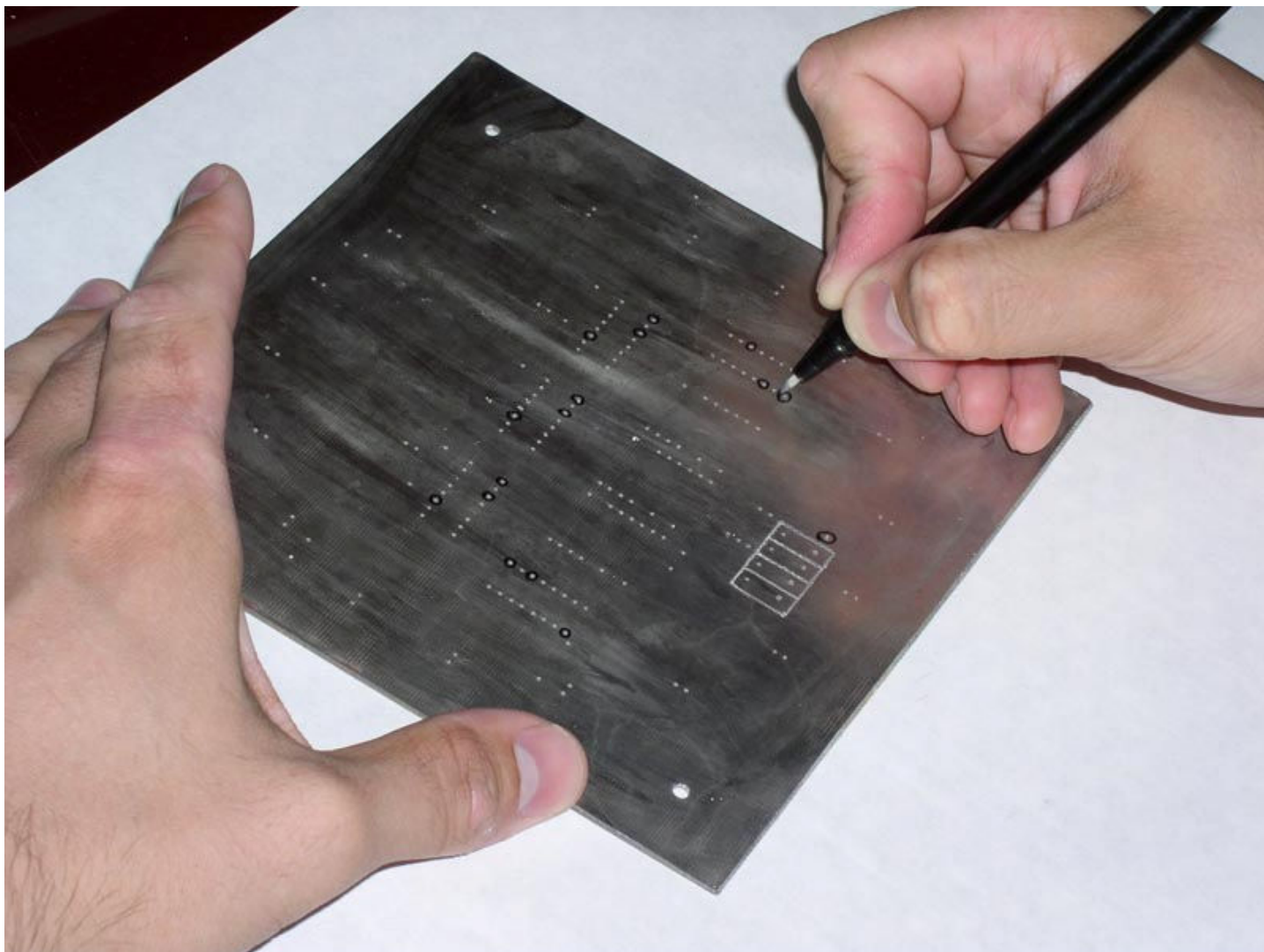
По окончании моем плату водой. Вот так она выглядит после лужения.



И ее обратная сторона. Можно убрать белый налет при помощи воды и средства для мытья посуды, но мне этот налет обычно не мешает.



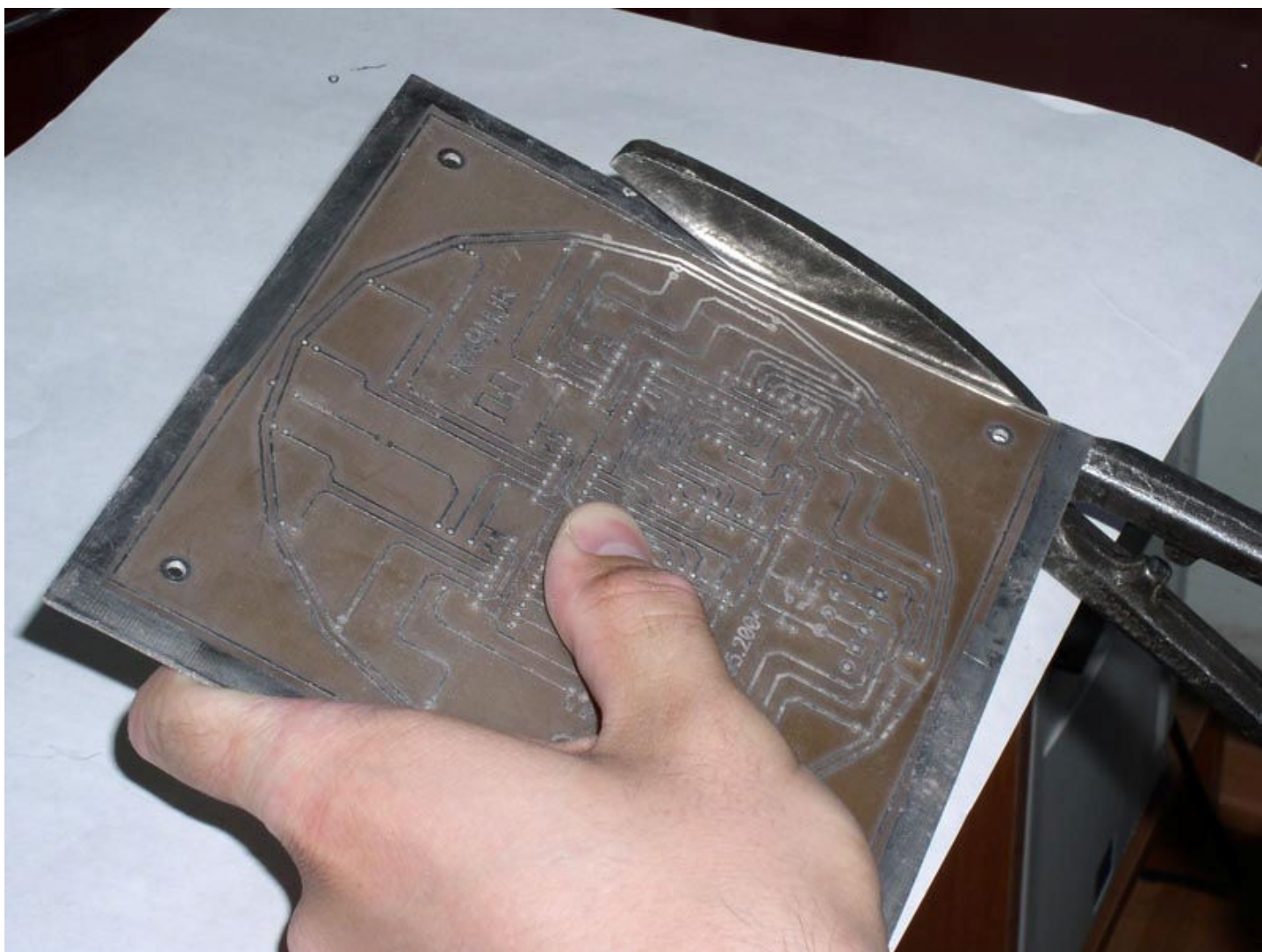
Помечаем маркером не подлежащие зенковке отверстия.



Зенкуем отверстия со стороны «экрана».



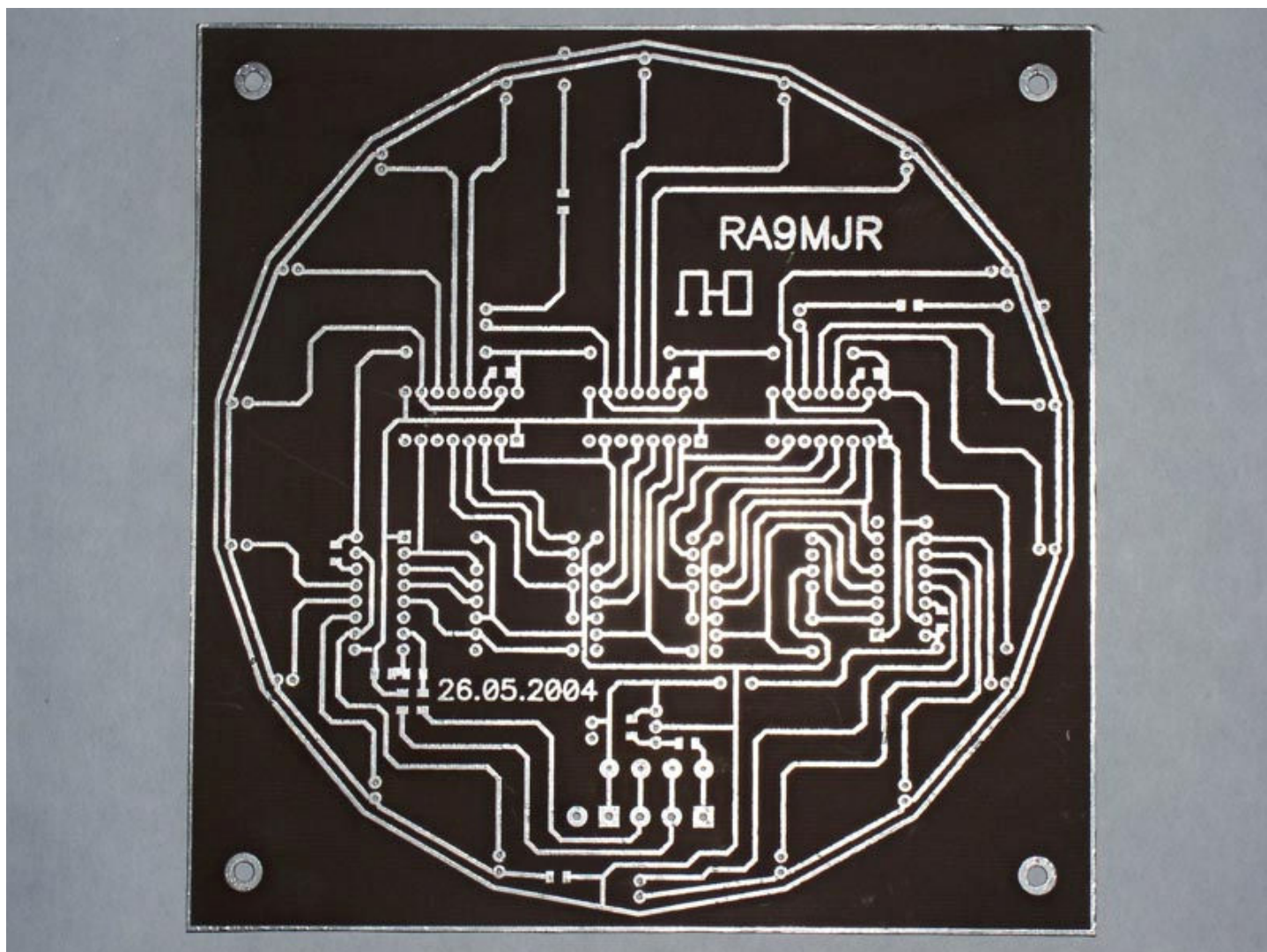
Вот теперь обрезаем края.



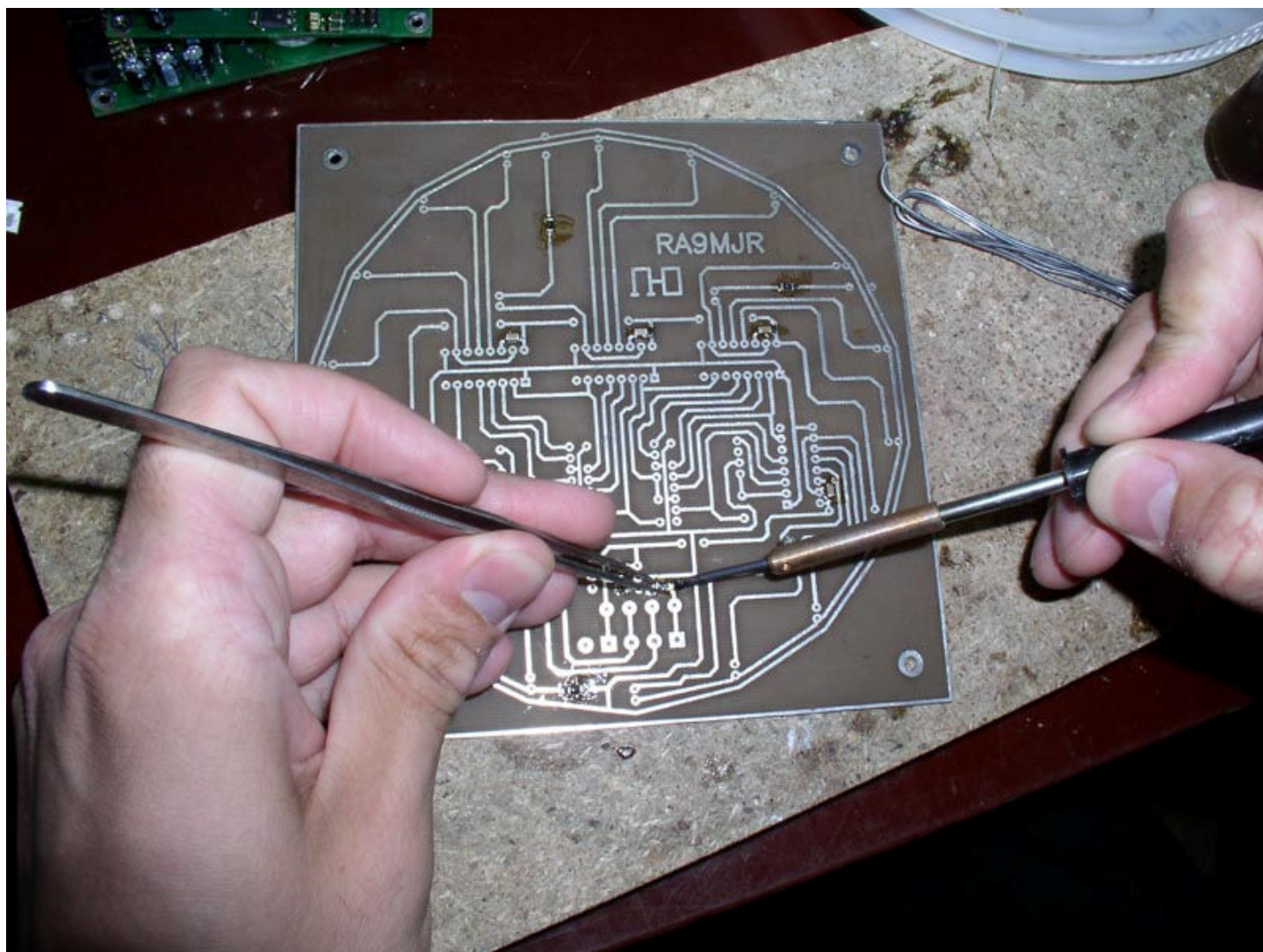
Если есть наждак, стоит обработать края платы с его помощью. Только имейте в виду, что в течении некоторого времени после вашей работы рядом с наждаком будет нечем дышать!



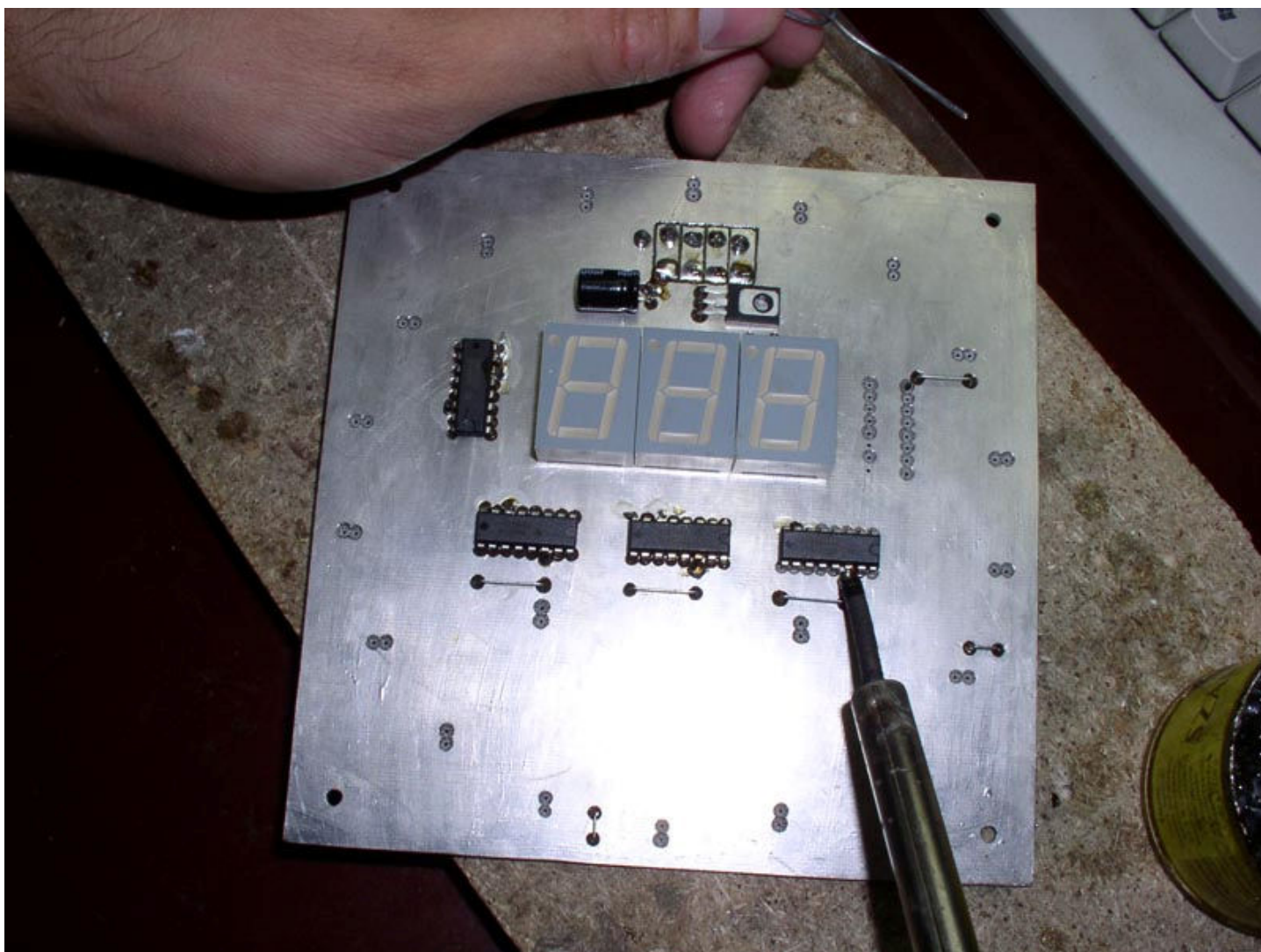
Вот теперь заготовку уже можно назвать платой!



Дальше как обычно. Сначала паяем SMD элементы.



Потом распаиваем DIP-компоненты и все остальные. Необходимые выводы пропаиваем с двух сторон платы.



Моем плату в спирте.



И вот он, конечный результат!

P.S. Диаметр отверстий контактных площадок я обычно делаю 0.7мм, минимальная ширина дорожки 0.4-0.5 мм. Оптимальная ширина дорожек слаботочных схем 0.7 мм.

