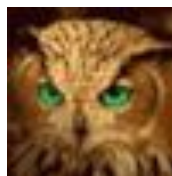


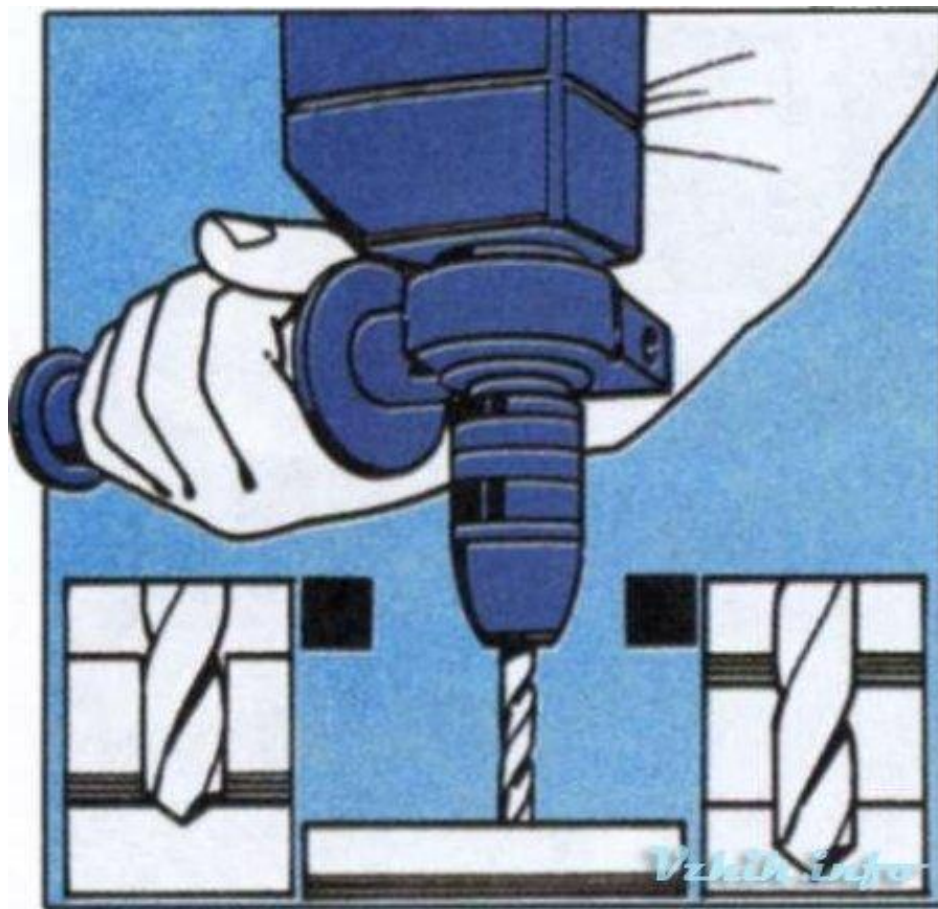
# **Технические противоречия и приемы их разрешения**



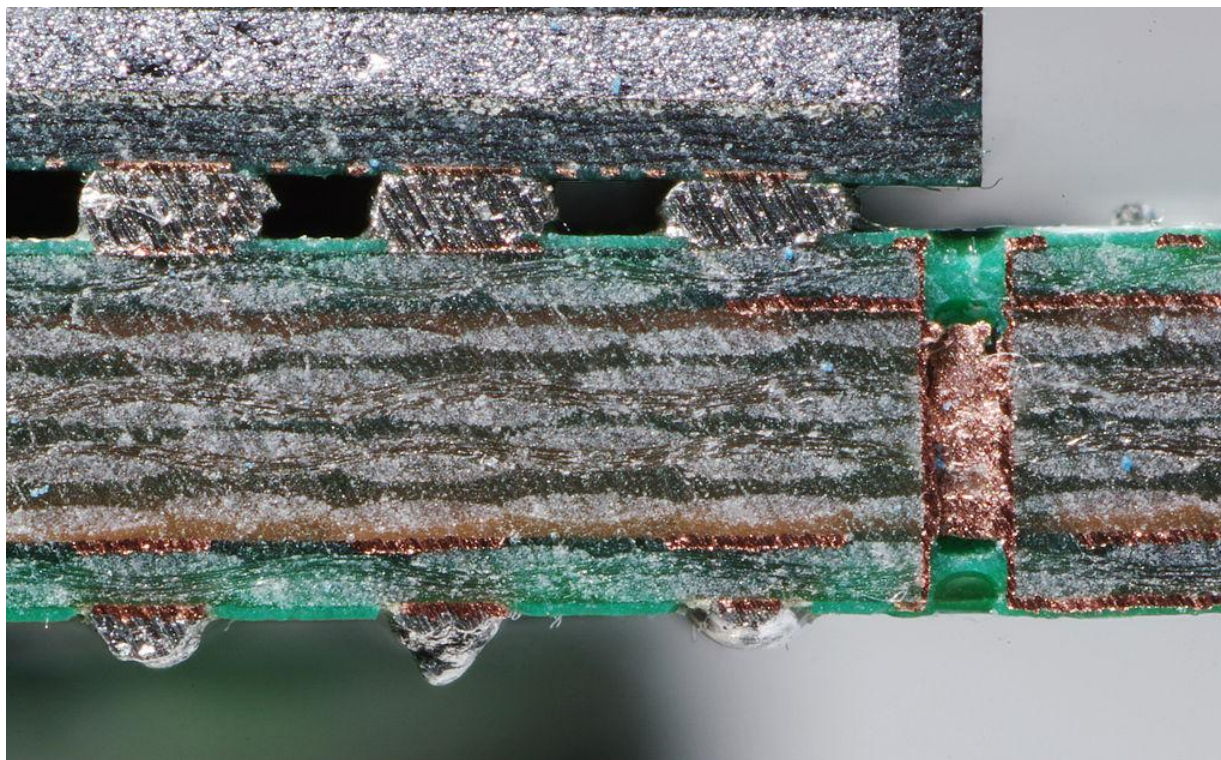
## **Решение задач**

**2. В слоистой пластине типа стеклотекстолита (слюды, керамики, ДСП и т.п.) сверлят множество отверстий. На выходе сверла часто получается брак в виде сколов, заусенцев, отслоения материала.**

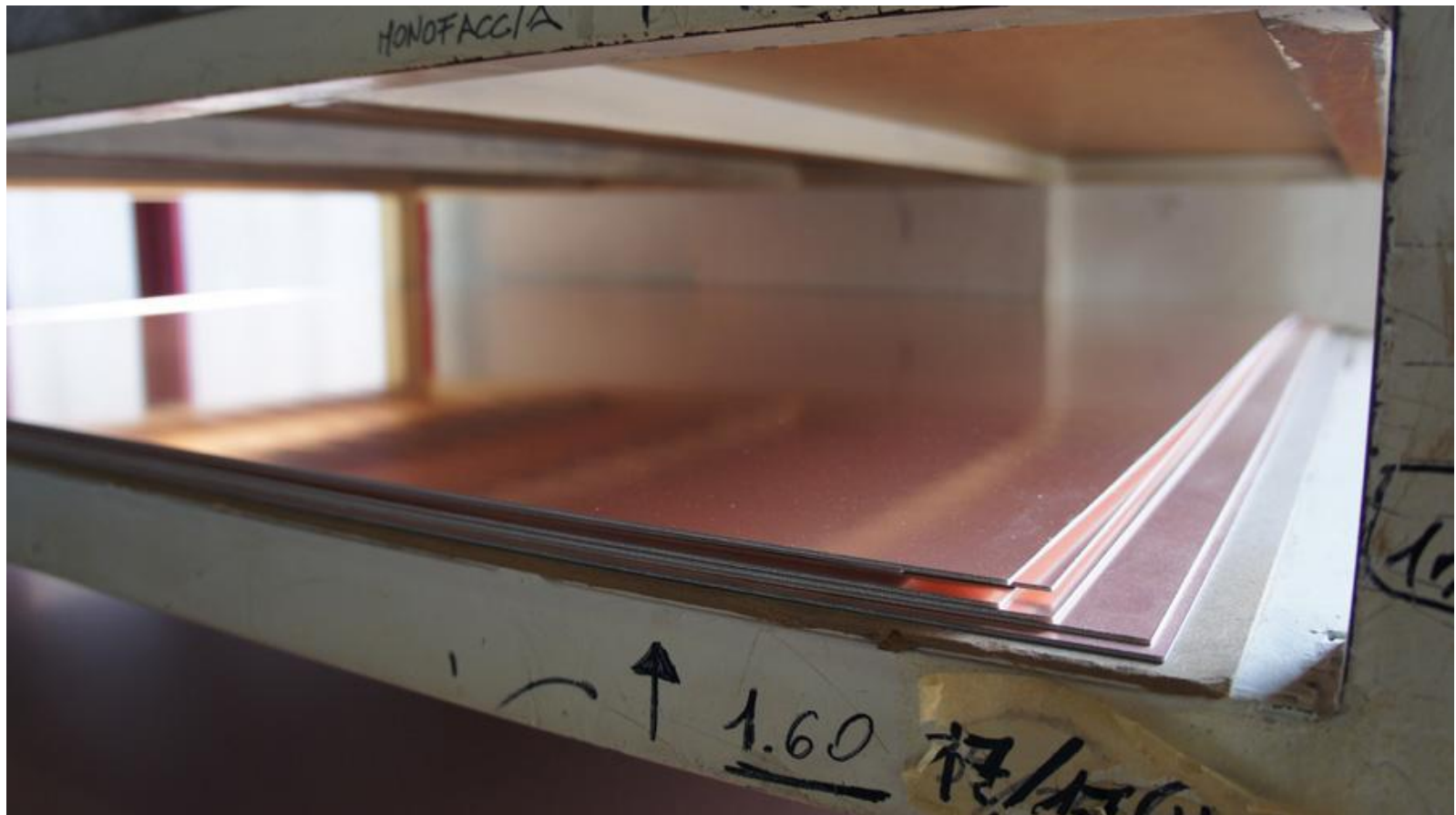
# Сверление отверстия и необходимый инструмент



# Пример печатной платы с просверленным отверстием

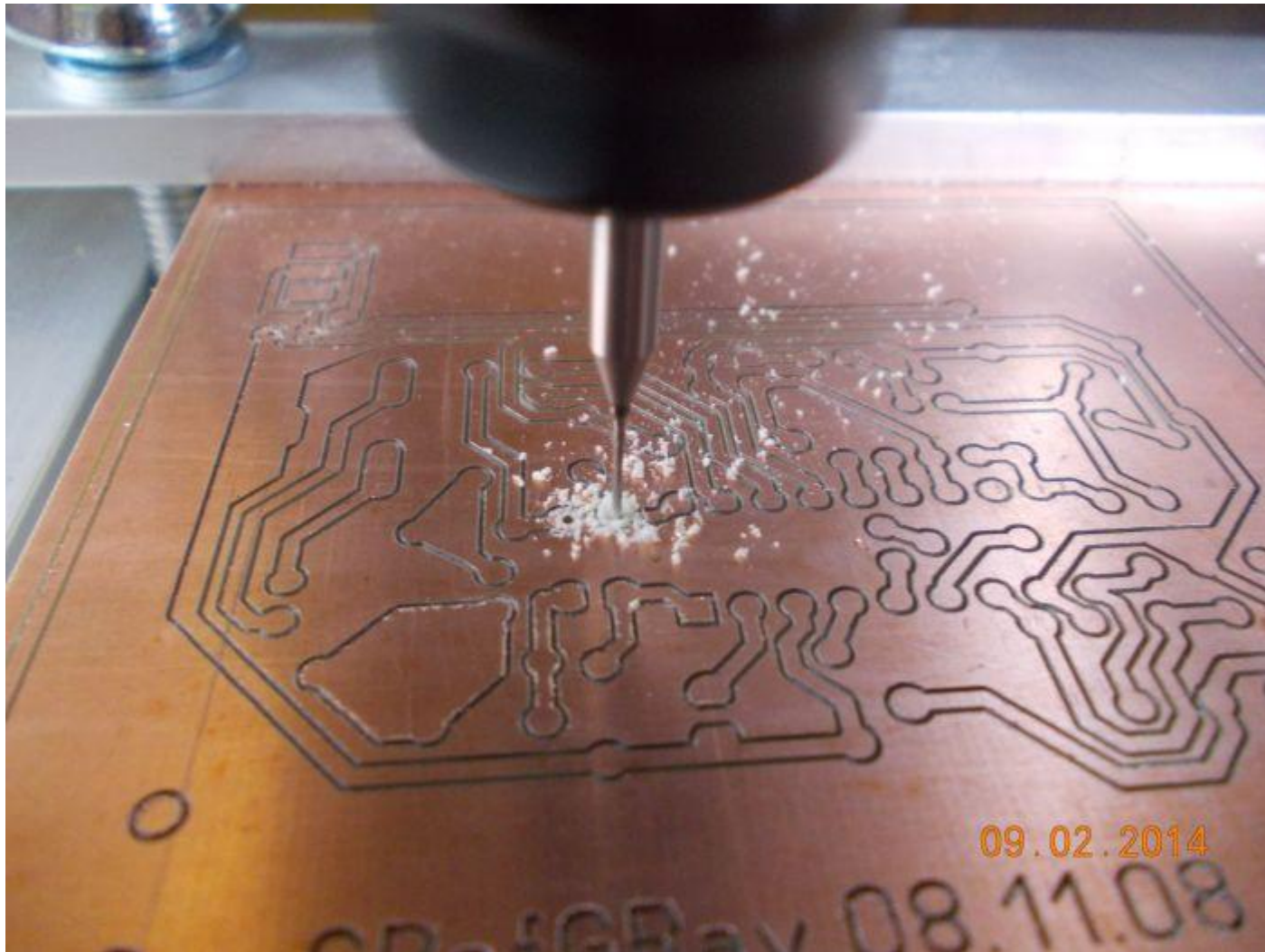


## Заготовки – фольгированный стеклотекстолит





# Процесс сверления стеклотекстолита

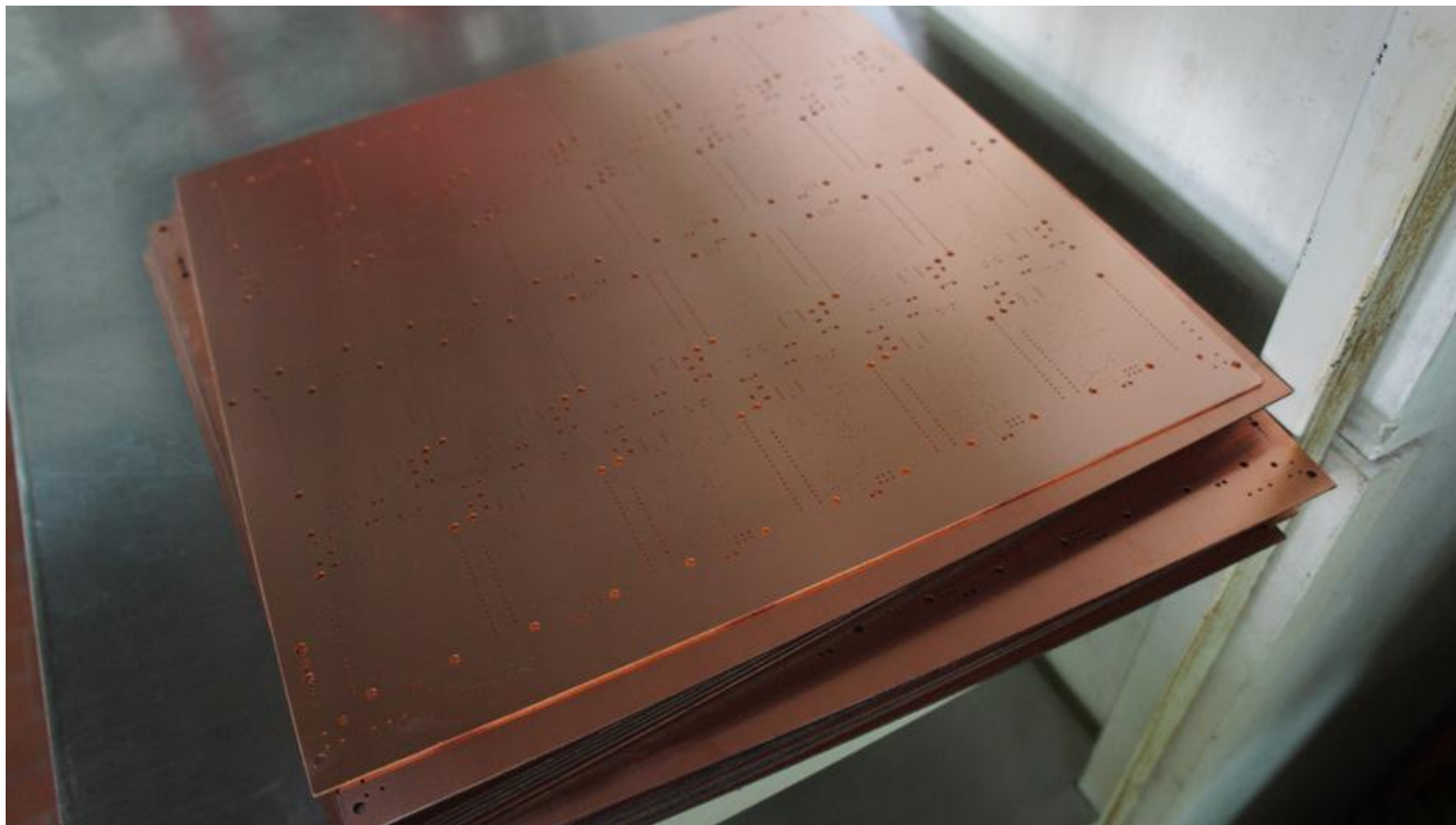


**Результат сверления –  
заусенцы на выходе сверла**



*WHOBY.RU*

## Удаление заусенцев – дополнительная операция



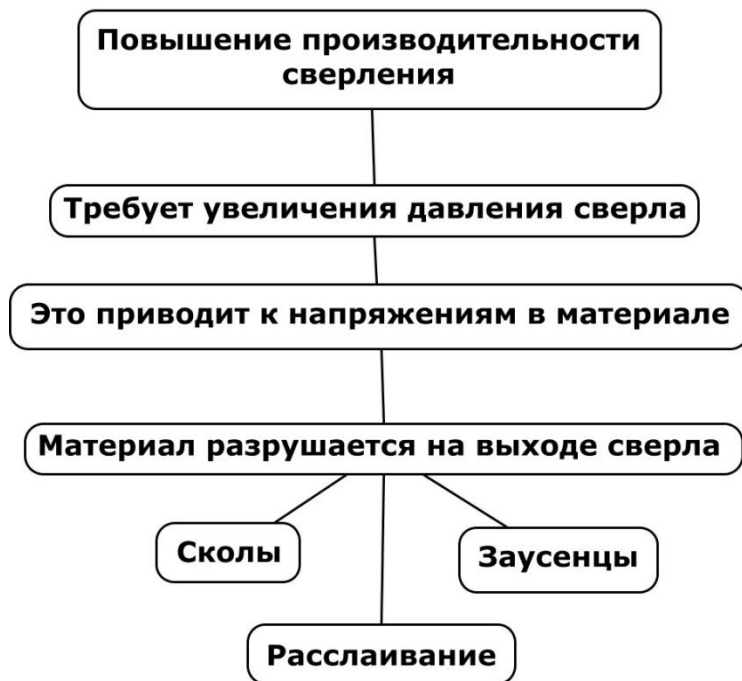


# Сколы на выходе сверла – брак детали



**Как просверлить в тонкой  
слоистой пластине  
отверстие и избежать на  
выходе сверла сколов и  
отслоений материала?  
Менять техническую  
систему нежелательно**

# Варианты рассуждений по задаче сверления





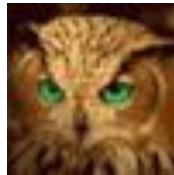
ПЭ – положительный эффект, положительное влияние;  
 НЭ – нежелательный эффект, нежелательное влияние.





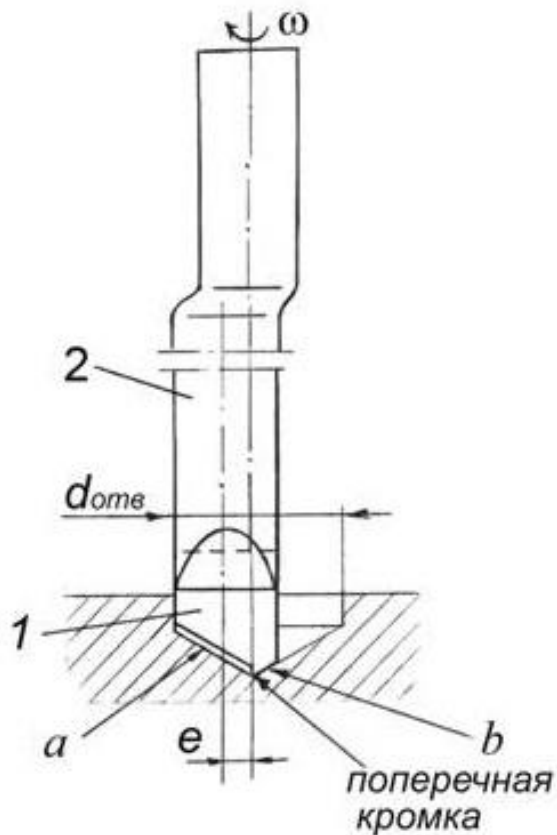
ПЭ – положительный эффект, положительное влияние;  
 НЭ – нежелательный эффект, нежелательное влияние.

# Возможные решения задачи



#### 4. Принцип асимметрии:

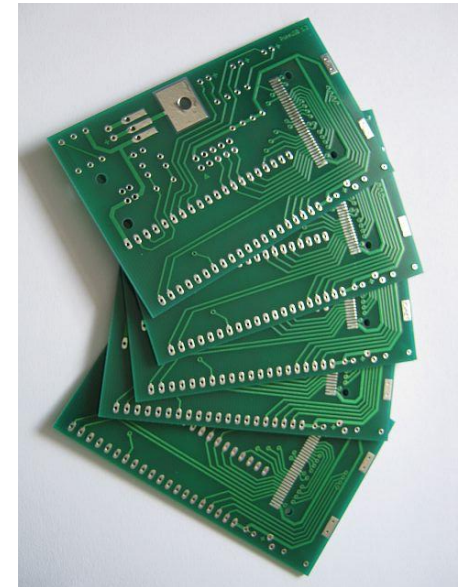
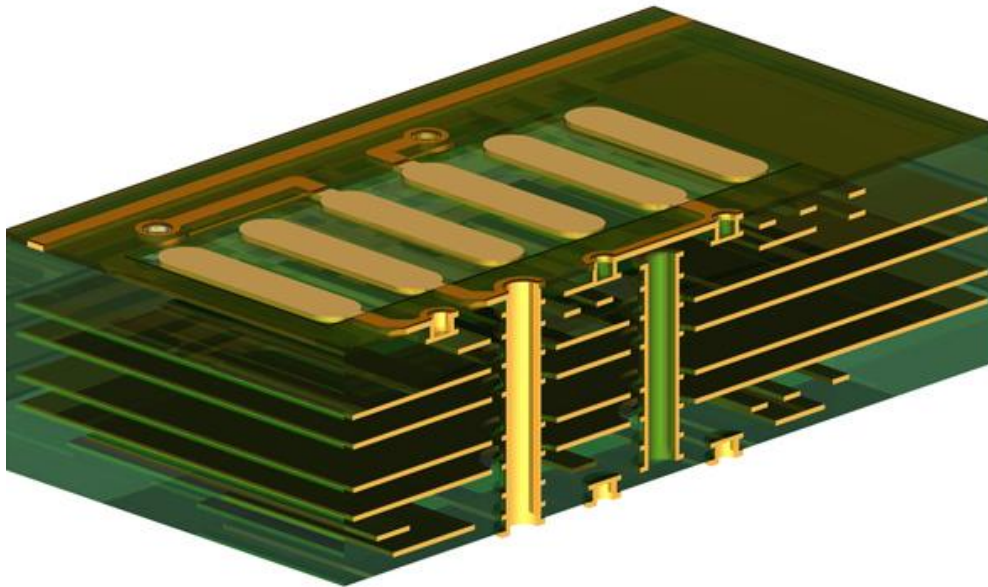
- перейти от симметричной формы объекта к асимметричной;
- если объект асимметричен, увеличить степень асимметричности



***Перовое сверло с асимметричной заточкой (меньше давление, ниже трение и нагрев)***

## 5. Принцип объединения:

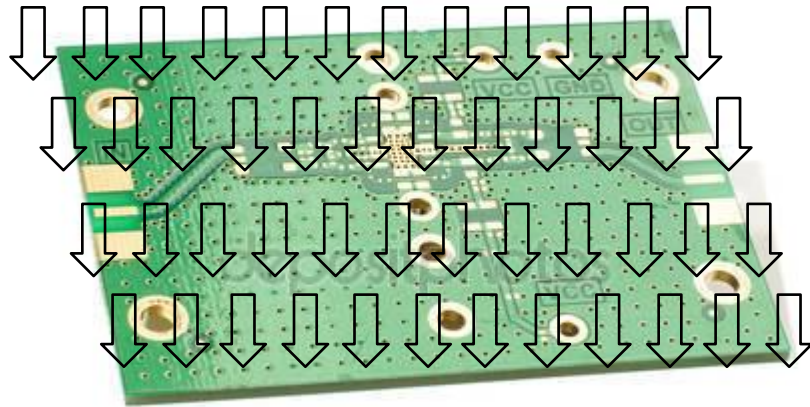
- объединить однородные или предназначенные для смежных операций объекты;
- объединить во времени однородные или смежные операции





## 9. Принцип предварительного антидействия:

- заранее придать объекту напряжения, противоположные недопустимым или нежелательным рабочим напряжениям;
- если по условию задачи необходимо совершить какое-то действие, надо заранее совершить антидействие



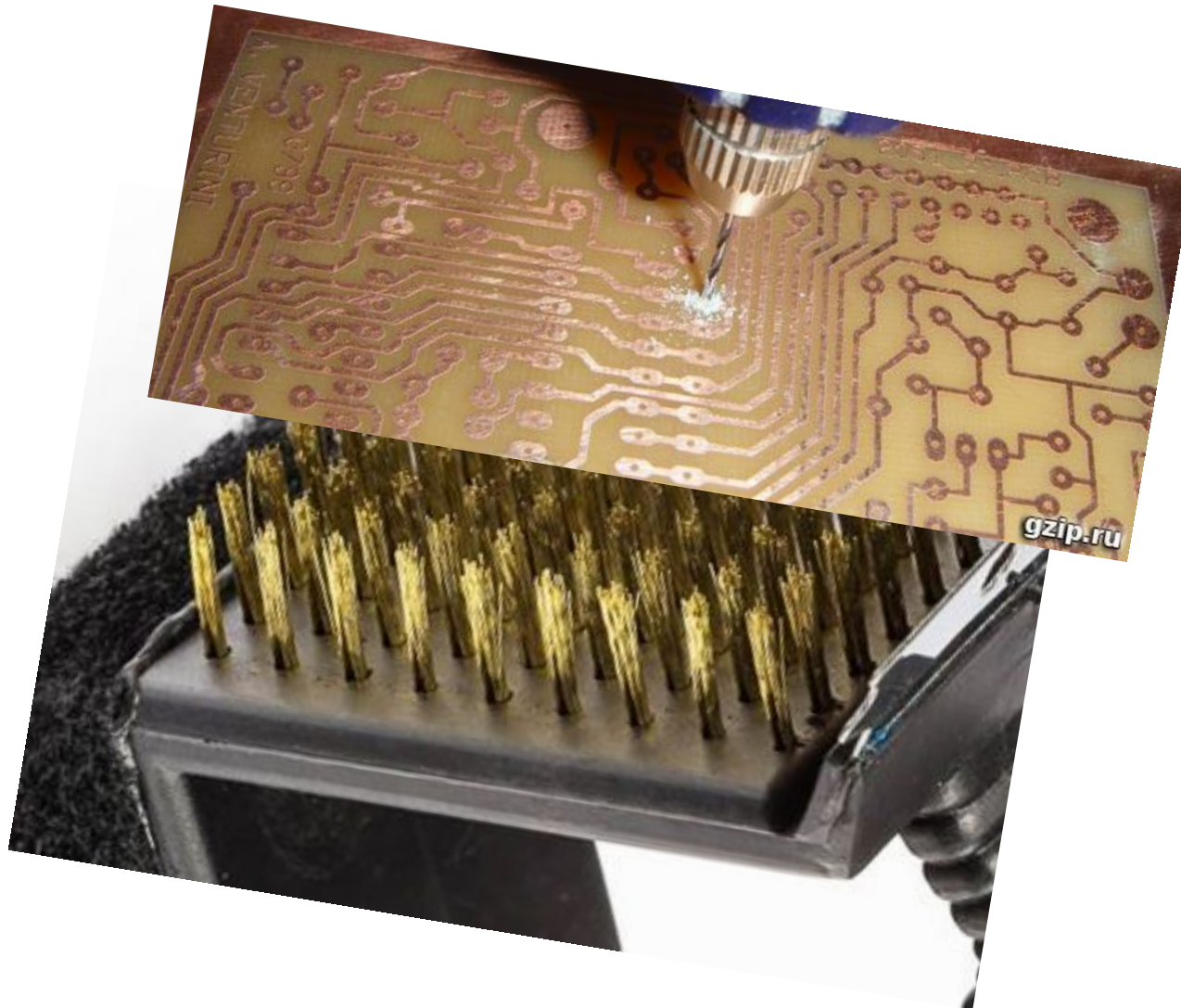
## 11. Принцип «заранее подложенной подушки»:

- компенсировать относительно невысокую надежность объекта заранее подготовленными аварийными средствами + 27. Принцип замены дорогой долговечности дешевой недолговечностью



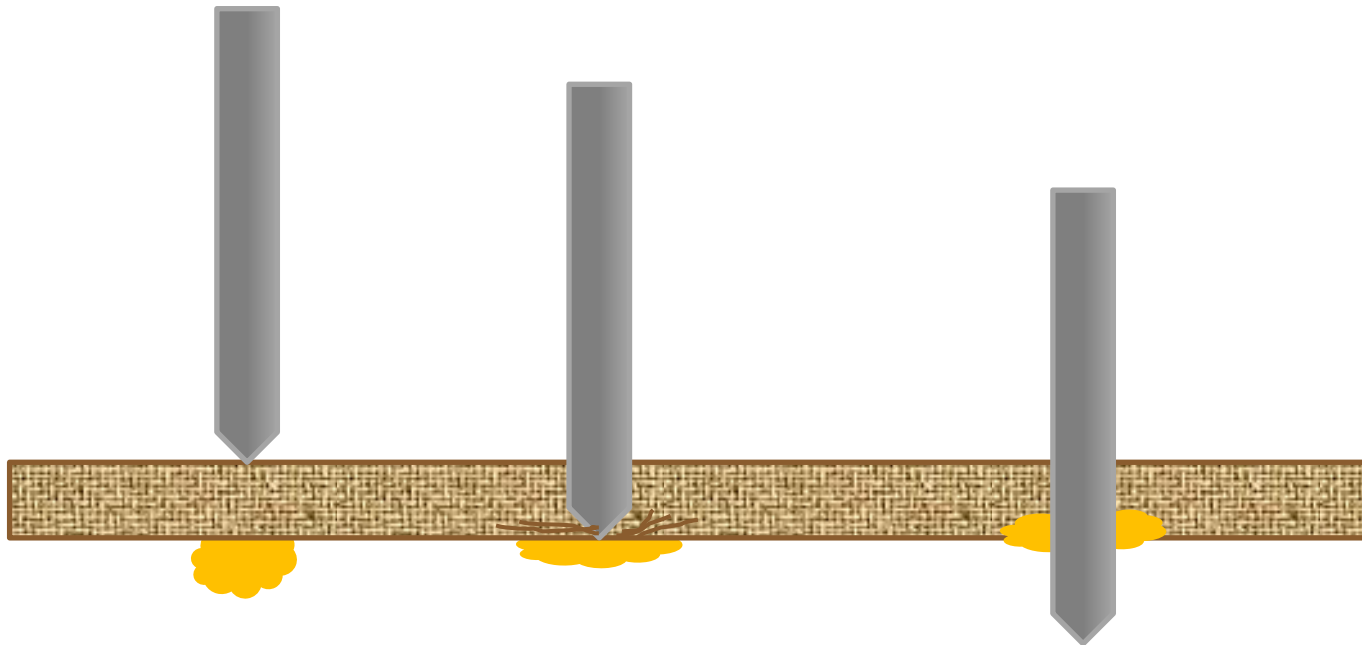
## 11. Принцип «заранее подложенной подушки»:

- компенсировать относительно невысокую надежность объекта заранее подготовленными аварийными средствами + 15. Динамизация



## 11. Принцип «заранее подложенной подушки»:

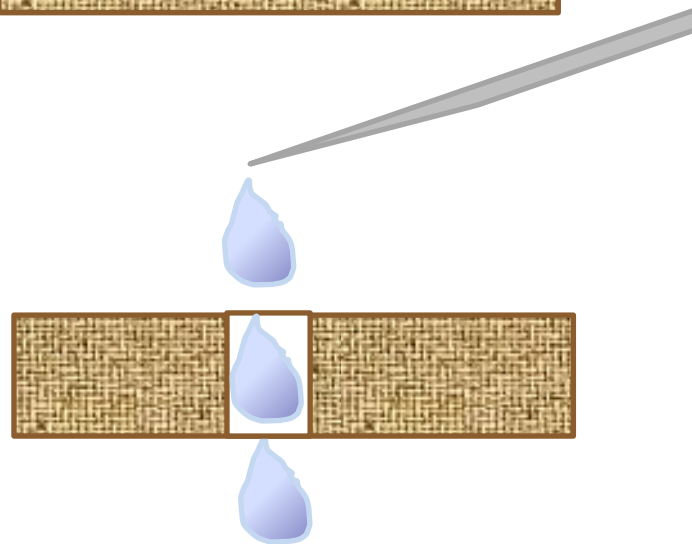
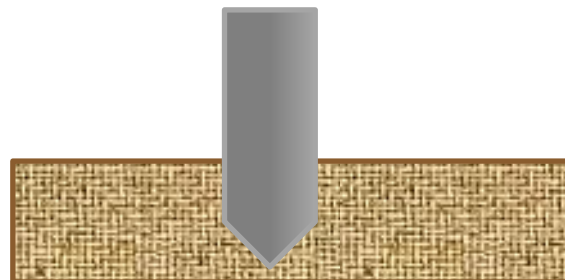
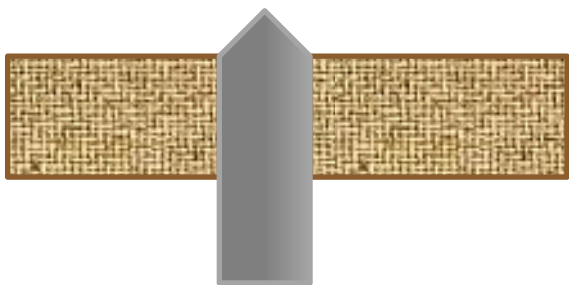
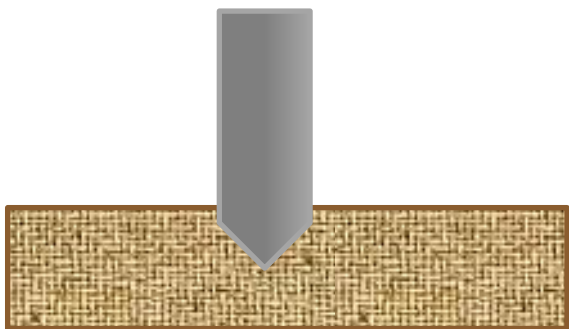
компенсировать относительно невысокую надежность объекта  
заранее подготовленными аварийными средствами





## 16. Принцип частичного или избыточного действия:

если трудно получить 100 процентов требуемого эффекта, надо получить чуть меньше или чуть больше - задача при этом существенно упростится



## 18. Принцип использования механических колебаний:

- привести объект в колебательное движение;
- если такое движение совершается, увеличить его частоту (вплоть до ультразвуковой);
- использовать резонансную частоту;
- применить вместо механического вибратора пьезовибратор;
- использовать ультразвуковые колебания в сочетании с электро - магнитными полями



**Станок для  
вибросверления  
(колебания сверла по  
оси)**

## 28. Принцип замены механической схемы:

- заменить механическую схему оптической, акустической или «запаховой»;
- использовать электрические, магнитные или электромагнитные поля для взаимодействия с объектом;
- перейти от неподвижных полей к движущимся, от фиксированных к меняющимся во времени, от неструктурных к имеющим определенную структуру;
- использовать поля в сочетании с ферромагнитными частицами

№ п/п	Этап	Эскиз этапа изготовления ГПП
1	Вырубка и очистка заготовки из нефольгированного полиимида, например, ПИ-40 А	
2	Нанесение слоев Cr—Cu—Cr	<p>Слой меди      Слой хрома Полиимид</p>
3	Двустороннее нанесение фоторезиста ФН-11	<p>ФН-11 (СПФ)</p>
4	Получение рисунка переходных отверстий: а) двустороннее экспонирование; б) проявление рисунка переходных отверстий	
5	Травление слоев Cr—Cu—Cr и полиимидной пленки (KOH + моноэтаноламин)	
6	Травление и очистка полиимидной пленки	
7	Напыление токопроводящих слоев Cr—Cu—Cr	
8	Нанесение фоторезиста	

*Меняется ТП*

## 28. Принцип замены механической схемы:

- заменить механическую схему оптической, акустической или «запаховой»;
- использовать электрические, магнитные или электромагнитные поля для взаимодействия с объектом;
- перейти от неподвижных полей к движущимся, от фиксированных к меняющимся во времени, от неструктурных к имеющим определенную структуру;
- использовать поля в сочетании с ферромагнитными частицами



Станок ультразвуковой  
прошивки отверстий  
разных форм УЗС



Станок ультразвуковой  
прошивки отверстий  
Ø 0,7-10мм УЗСК-6

**Меняется ТП**

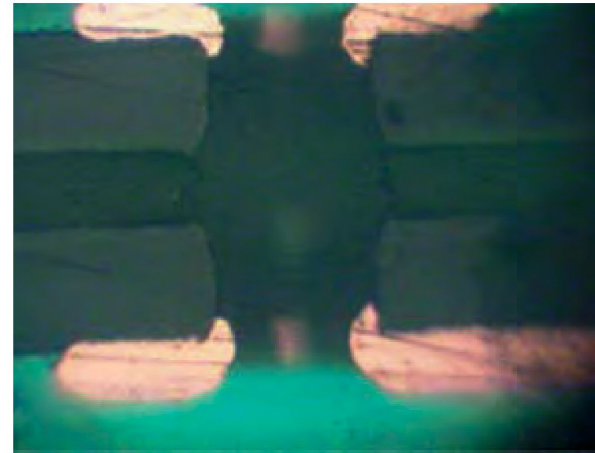
## 28. Принцип замены механической схемы:

- заменить механическую схему оптической, акустической или «запаховой»;
- использовать электрические, магнитные или электромагнитные поля для взаимодействия с объектом;
- перейти от неподвижных полей к движущимся, от фиксированных к меняющимся во времени, от неструктурных к имеющим определенную структуру;
- использовать поля в сочетании с ферромагнитными частицами



Сквозные отверстия, полученные методом лазерного сверления, после нанесения слоя металлизации. Металлизации в отверстиях частично присутствует

*Меняется ТП*



Сквозные отверстия, полученные методом лазерного сверления, после нанесения слоя металлизации. Металлизации в отверстиях полностью отсутствует



## 29. Принцип использования пневмо - и гидроконструкций:

вместо твердых частей объекта использовать газообразные и жидкие: надувные и гидронаполняемые, воздушную подушку, гидростатические и гидрореактивные



***Гидроабразивное сверление (меняется  
ТС)***

### 35. Принцип изменения физико-химических параметров объекта:

- изменить агрегатное состояние объекта;
- изменить концентрацию или консистенцию объекта;
- изменить степень гибкости;
- изменить температуру



*Двухзонный термостол для подогрева печатных плат*

## **Сверление слоистой пластины**

Противоречие.

Прием №17. Сверлить стопкой

Прием №31. Сверлить на «щетке»

Прием №35. Сверлить с разогревом

Прием №18. Сверлить с вибрацией

Прием №29. Сверло в виде струи жидкости с абразивом

Прием №28. Травить отверстие

Прием №4. Ассиметричная режущая кромка сверла

Прием №9. Антидействие – сжать предварительно пластину

Прием №11. Нанести термопластик снизу (пусть расплавится и затекает в трещины)

Прием №15. Упругая опора, прогиб начинается с момента отслоения

Прием №16. Недосверлить с одной стороны, а досверливать с другой.

Прием №27. одноразовая опора для сверления

Прием №28. Лазер акустика

Приемы 18 и 24. УЗ, УЗРО

**Продолжение  
следует**