

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСА СВЕРЛ ПРИ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ В ПЕЧАТНЫХ ПЛАТАХ

В работе рассмотрено влияние режимов сверления на износ (долговечность) твердосплавных спиральных сверл. В результате проведенных исследований установлено, что износ сверл зависит от подачи, скорости резания и количества просверленных отверстий. При одинаковых условиях обработки до 1200 отверстий износ сверл практически одинаков, с увеличением количества отверстий износ увеличивается.

Ключевые слова: сверло, износ, подача, отверстие, скорость резания, печатная плата.

V. V. STRELBITSKIY

Odessa National Polytechnic University

RESEARCH OF DRILL WEAROUT IN THE PROCESSING OF HOLES IN PCB

In electronic equipment, at almost all levels, printed circuit boards (PCB) are widely used. The technological process of their manufacture is complex and multi-operative (about 50 operations), and the most laborious are the drilling and soldering operations. The quality of drilling has a significant impact on the quality of the printed circuit board, and is one of the most critical technological processes. Since the defects formed at the drilling stage, can not only lead to failures, but also increase the cost of products by introducing additional operations into the manufacturing process. The main defect in the drilling of holes is enveloping the filler on the walls of the hole and dragging it beyond the specified geometrical dimensions with the formation of shoulders at the inlet and outlet of the drill. Analysis of the scientific literature and production technology of PP showed that the quality of the drilled holes depends on the base material and foil, tools, equipment and cutting conditions. For research, carbide drills (an analogue of VK 6) with a diameter of 1.5 mm, which were produced in China, were taken. The experiment was carried out on an ICV CNC machine tool, with rigid fixing on the table using tacks (plates) of a package of four 4-layer printed circuit boards of the FR 4 brand. At the first stage, the influence of the cutting speed (rotational speed) on the drill wear on the front and rear surfaces, the transverse edge — with a longitudinal feed $S = 0.05$ mm / rev and two rotational speeds of 8000 and 12000 min^{-1} was determined. The holes were drilled through in one pass, without the use of coolant. Measurement of wear was carried out on the transverse edge and on the back surface through every 100 holes using a tool microscope. The experiments were repeated three times, the results were averaged. At the end of the processing cycle, at each of the speeds, the boards were removed and inspected on both sides. The most wear part of the drill when drilling printed circuit boards is the transverse edge. This is due to the fact that the cutting speed depends on the friction force, the latter on the transverse edge exceeds the force at the periphery of the cutting edge of the drill. Non-uniform abrasive wear was observed on the samples, with the intense last on the rear surface significantly exceeding the front. An analysis of the dependence of drill wear on the feed shows that it is non-linear in nature, the effect of the feed is negligible.

Keywords: drill, wear, feed, hole, cutting speed, PCB.

Постановка проблемы

В радиоэлектронной аппаратуре, практически на всех уровнях, широко применяют печатные платы (ПП). Технологический процесс их изготовления является сложным и многооперационным, причем самыми трудоемкими являются операции сверление.

Качество сверления оказывает существенное влияние на качество печатной платы, и является одним из наиболее ответственных технологических процессов. Поскольку дефекты, образовавшиеся на этапе сверления, могут не только привести к отказам, но и повысить себестоимость изделий за счет введения в процесс изготовления дополнительных операций.

Основными дефектами при сверлении отверстий является наволакивание наполнителя на стенки отверстия и увлечение его за пределы заданных геометрических размеров с образованием буртиков на входе и выходе сверла, образование сколов кромок отверстий на входе и выходе сверла, появление трещин вокруг отверстия. Они образуются вследствие неправильно выбранных геометрических параметров сверла, режимов резания, которые в свою очередь зависят от свойств обрабатываемого материала, диаметра отверстия, глубины сверления, требований к точности и качеству поверхности отверстия.

Поэтому возникла необходимость в более детальном изучении влияния режимов резания на износ сверл при сверлении отверстий в печатных платах.

Анализ последних публикаций

Анализ научной литературы [1–13] и технологий производства ПП показал, что качество просверленных отверстий зависит от материала основания и фольги, инструмента, оборудования и режимов резания [4]. Поэтому необходимо более тщательно проанализировать сочетание обрабатываемый материал – режимы резания, так как именно оно напрямую влияет на качество и производительность обрабатываемых отверстий [4, 7, 10–12, 13–16].

Сложность процесса сверления отверстий в ПП обусловлена значительной разницей твердостей армирующей основы (НВ 350–500) и полимерной связующей (НВ 40–55), а также сильной температурной зависимостью твердости последней. Поскольку при сверлении инструмент проходит случайным образом расположенные участки материалов, твердость которых различается на порядок, поэтому степень износа инструмента зависит от твердости обрабатываемого материала и углов заточки режущих кромок [4]. Следует отметить, что при сверлении печатных плат подобрать углы заточки невозможно, поскольку

изменение твердости слоев платы носит нелинейный характер [4].

Согласно рекомендациям, которые установлены многократными экспериментами и опытами соответствующих производств, сверла перетачивают через каждое 1000 отверстие, они рассчитаны на 3-4 переточки [1–12].

Поэтому **целью исследования** является изучение влияния подачи и скорости обработки на износ сверл.

Изложение основного материала

Для исследований были взяты сверла (30 шт.) из твердого сплава (аналог ВК 6) (рис.1, 2) диаметром 1,0 мм, которые произведены в Китае.



Рис. 1. Набор твердосплавных сверл от 0,3 до 1,2 мм

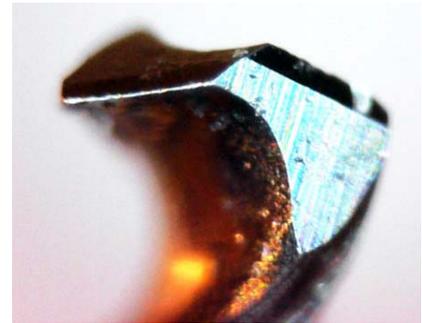


Рис. 2. Заточка сверл (×10)

Эксперимент проводился на станке с ЧПУ ICV, при жестком закреплении на столе с помощью прихватов (пластин) пакета четырех 4-слойных печатных плат из текстолита марки FR 4.

На первом этапе определялось влияние скорости резания (частоты вращения) на износ сверл по передней и задней поверхности, поперечной кромке – при продольной подаче $S = 0,05$ мм/об и двух значений частоты вращения 8000 и 12000 мин⁻¹. Сверление отверстий осуществлялось насквозь в один проход, без применения СОТС.

Измерение износа осуществлялось по поперечной кромке и по задней поверхности через каждые 100 отверстий с помощью инструментального микроскопа. Опыты повторяли трижды, результаты усредняли.

По завершению цикла обработки на каждой из скоростей платы снимали и осматривали с обеих сторон.

Полученные зависимости величины износа сверл от скорости вращения представлены на рис.3, где экспериментальные значения показаны в виде точек, кривые – результаты аппроксимации.

Анализ результатов свидетельствует о нелинейной зависимости износа от скорости резания, причем при одинаковых условиях обработки сверл до 1200 отверстий практически одинаков, с увеличением количества отверстий износ увеличивается.

Наиболее изнашиваемой частью сверла при сверлении печатных плат является поперечная кромка. Это связано с тем, что скорость резания зависит от силы трения, последняя на поперечной кромке превышает силу на периферии режущей кромки сверла. В процессе износа на сверле как бы формируется наиболее благоприятная геометрия вершины инструмента.

На задних поверхностях образцов наблюдался неоднородный абразивный износ, причем интенсивного последнего на задней поверхности значительно превышала по передней. Кроме того, на сверлах, в количестве 5 шт., наблюдался скол поперечной режущей кромки, еще 5 сверл вышли из строя вследствие поломки. Последние можно объяснить хрупкостью материала сверла в совокупности с уводом сверла от оси отверстия и его биения.

Исследования по установлению влияния подачи на износ сверл производили по описанной выше методике, на следующих технологических режимах: $n=8000$ мин⁻¹, в один проход, при следующих значениях подач - $S = 0,03, 0,05, 0,08$ мм/об. Результаты экспериментов представлены на рис. 4. Аналогично выглядят зависимости износа по поперечной кромке, поэтому в работе не приводятся.

Анализ зависимостей износа сверл от подачи показывает, что она носит нелинейный характер, влияние подачи незначительно.

Изменение температуры в зоне резания при сверлении отверстий носит циклический характер, нагревание происходит во время сверления отверстия за счет силы трения по задней поверхности сверла, роста температуры в зоне резания, а остывание сверла – при переходе инструмента от отверстия к отверстию. В процессе сверления сверло изнашивается и тупится, за счет чего по мере роста количества отверстий все более нагревается. Все указанное приводит к умягчению связующее композита платы в зоне сверления, его наволакиванию и налипанию на спиральные дорожки сверла, и как следствие, препятствие

остывания сверла в процессе обработки и во время принудительного охлаждения.

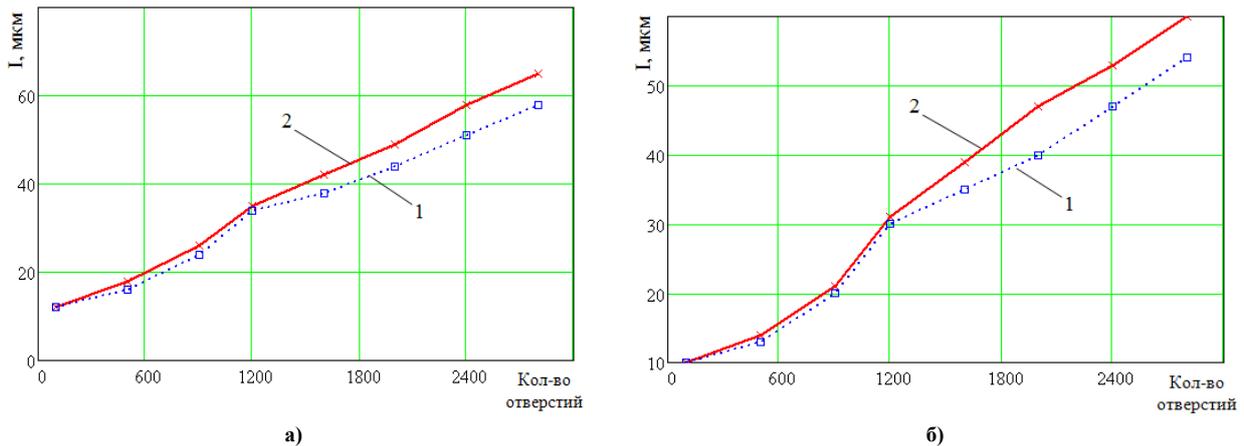


Рис. 3. Зависимость износа сверл по поперечной кромке (а) и задней поверхности (б) I от количества просверленных отверстий в ПП при частоте вращения шпинделя 8000 (1) и 12000 мин⁻¹ (2)

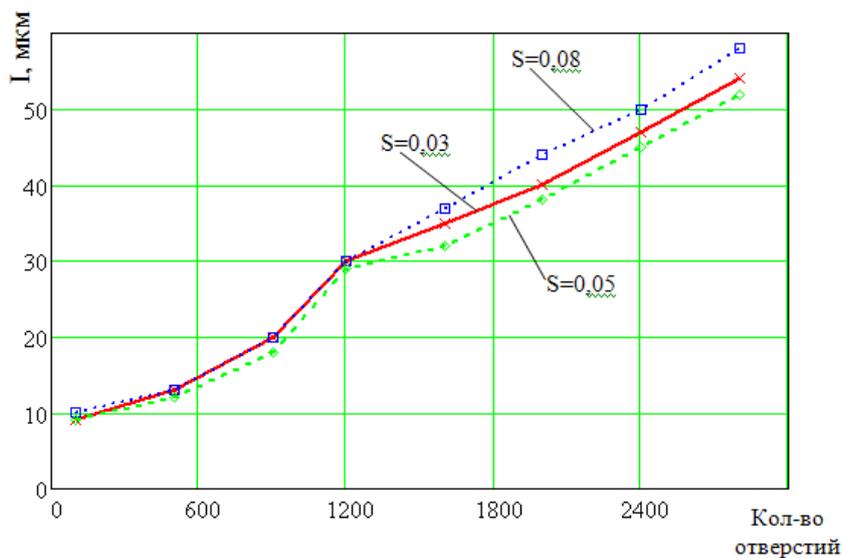


Рис. 4. Зависимость износа сверл по задней поверхности I от количества просверленных отверстий в ПП и подачи S мм/об при частоте вращения шпинделя 8000 мин⁻¹

При больших значениях подач (0,08 мм/об) визуально наблюдались сколы, вспучивания и отслоения вокруг отверстия на выходе сверла, а при увеличении отверстия в окуляре инструментального микроскопа- увеличение шероховатости.

Выводы

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что на износ сверл оказывают влияние подача, скорость резания и количество просверленных отверстий в ПП. С увеличением количества отверстий (больше 1200) интенсивность износа сверла возрастает, поэтому возникает необходимость замены или переточки сверл.

Наиболее изнашиваемой частью сверла при сверлении печатных плат является поперечная кромка.

Наибольшее влияние на износ оказывает скорость резания и количество отверстий, в меньшей степени подача.

Литература

1. Медведев А. М. Печатные платы. Механическое сверление / А. М. Медведев // Технологии в электронной промышленности. – 2012. – № 8. – С. 74–81.
2. Медведев А.М. Технология производства печатных плат / А. М. Медведев. – М. : Техносфера, 2005. – 360 с.
3. Махмудов М. Механическая обработка печатных плат / М. Махмудов. – М. : Радио и связь, 1986. – 72 с.
4. Юрков Н. К. Технология производства электронных средств : учебн. / Н. К. Юрков. – 2-е изд., испр. и доп. – СПб : Лань, 2014. – 480 с.
5. Arkhipov P.V. The effect of diamond tool performance capability on the quality of processed surface /

P.V. Arkhipov, A.S. Yanyushkin, D.V. Lobanov, S.I. Petrushin // Applied mechanics and materials. – 2013. – Vol. 379. – P. 124–130.

6. Ванцов С.В. Надежность процесса сверления, понятие отказа / С.В. Ванцов, А.М. Медведев, Зве Маунг Маунг, О.В. Хомутская // Электроника НТБ. – 2016. – № 8. – С. 168–172.

7. Пирогова Е.В. Проектирование и технология печатных плат / Е.В. Пирогова. – М. : Форум: ИНФРА-М, 2005. – 560 с.

8. Optimal organization of tools for machining composites / D.V. Lobanov, A.S. Yanyushkin, D.A. Rychkov, N.P. Petrov // Russian Engineering Research. – 2011. – № 2. – P. 156–157.

9. Талантов Н. В. Физические основы процесса резания, изнашивания и проектирования инструмента / Талантов Н. В. – М. : Машиностроение, 1992. – 240 с.

10. Жилис В.И. Некоторые основные тенденции развития конструкции и производства спиральных сверл / В.И. Жилис // Станкостроение Литвы : сборник научных трудов. – Вильнюс, 1991. – С. 129–141.

11. Turmanidze R., Adamia D., Amiridze M. Influence of the Gradient Angle of the Screw Groove on Wear-Resistant of Fine-Sized Spiral Drills. Transactions of the Academy of Sciences of Georgia «Science and Technologies». Tbilisi, № 10-12, 2002, 2 pages.

12. Краткий справочник металлиста / [под общ. ред. П. Н. Орлова, Е. А. Скороходова]. – М. : Машиностроение, 1986. – 960 с

13. Стрельбицкий В. В. Анализ стойкости сверл при обработке отверстий в печатных платах / В. В. Стрельбицкий // Матеріали вісімнадцятої міжнародної науково-техн. конф. "Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах" (ВОТТП-18-2018), 8–13 червня 2018 р. – Одеса : ОНАЗ, 2018. – С. 167–168.

14. Стрельбицкий В. В. Влияние дефектов крепления блока электронной аппаратуры на вибронпряженность печатных плат / В.В. Стрельбицкий // Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. – 2012 – № 2. – С. 82–85.

15. Стрельбицкий В.В. Способы снижения вибронпряженности об'єднанных друкованных плат у блоках радиоэлектронной аппаратуры / В.В. Стрельбицкий, А.П. Зинковський // Автоматизация виробничих процесів у машинобудуванні та приладобудуванні. – Львів : Вид-во Нац. ун-ту "Львів. політехніка", 2006. – Вип. 40. – С. 238–241.

16. Стрельбицкий В. В. Дослідження монтажних напружень у паяних конструкціях мікробірок / В.В. Стрельбицкий // Вісник Хмельницького національного університету, серія: Технічні науки. – 2012. – № 2. – С. 42–45.

References

1. Medvedev A. M. Pечатnye platy. Mehanicheskoe sverlenie / A. M. Medvedev // Tehnologii v jelektronnoj promyshlennosti – 2012. – № 8. – S. 74–81.

2. Medvedev A.M. Tehnologija proizvodstva pechatnyh plat / A. M. Medvedev – M: Tehnosfera, 2005. – 360 s.

3. Mahmudov M. Mehanicheskaja obrabotka pechatnyh plat / M. Mahmudov – M: Radio i svjaz', 1986. – 72 s.

4. Jurkov, N. K. Tehnologija proizvodstva jelektronnyh sredstv : ucheb. / N. K. Jurkov. – 2-e izd., ispr. i dop. – SPb. : Lan', 2014. – 480 s.

5. Arkhipov P.V. The effect of diamond tool performance capability on the quality of processed surface / P.V. Arkhipov, A.S. Yanyushkin, D.V. Lobanov, S.I. Petrushin // Applied mechanics and materials. – 2013. – Vol. 379. – P. 124–130.

6. Vancov S.V. Nadezhnost' processa sverlenija, ponjatije otказа / S.V. Vancov, A.M. Medvedev, Zve Maung Maung, O.V. Homutskaja // Jelektronika NTB. – 2016. – № 8. – S. 168 – 172.

7. Pirogova, E.V. Proektirovanie i tehnologija pechatnyh plat / E.V. Pirogova. – M.: Forum: INFRA-M, 2005 – 560 s.

8. Optimal organization of tools for machining composites / D.V. Lobanov, A.S. Yanyushkin, D.A. Rychkov, N.P. Petrov // Russian Engineering Research. – 2011. – № 2. – P. 156–157.

9. Talantov N. V. Fizicheskie osnovy processa rezanija, iznashivaniya i proektirovanija instrumenta. – M. : Mashinostroenie, 1992.– 240 s.

10. Zhilis V.I. dr. Nekotorye osnovnye tendenci razvitija konstrukcii i proizvodstva spiral'nyh sverl. Stank ostroenie Litvy, Sbornik nauchnyh tru dov. Vil'njus. – 1991. – S.129–141.

11. Turmanidze R., Adamia D., Amiridze M. Influence of the Gradient Angle of the Screw Groove on Wear-Resistant of Fine-Sized Spiral Drills. Transactions of the Academy of Sciences of Georgia «Science and Technologies». Tbilisi, № 10-12, 2002, 2 pages.

12. Kratkij spravochnik metallista / pod obshh. red. P. N. Orlova, E. A. Skorohodova. – M.: Mashinostroenie, 1986.– 960 s

13. Strelbitskiy V. V. Analiz stoykosti sverl pri obrabotke otverstij v pechatnyh platah / V. V. Strelbitskiy // Materiali visimnadsyatoї mijnarodnoї nauko-vehn. konf. "Vimiryvalna ta obchislyvalna tehnika v tehnologichnih protsessah" (VOTTP-18-2018), 8–13 chervnya 2018 r. – Odesa : ONAZ, 2018. – S. 167–168.

14. Strelbitskiy V. V. Vliyanie defektov krepeleniya bloka elektronnoy apparatury na vibronapryajennost pechatnyh plat / V.V. Strelbitskiy // Vimiryvalna ta obchislyvalna tehnika v tehnologichnih protsessah. – 2012 – № 2. – S. 82–85.

15. Strelbitskiy V.V. Sposoby znyzhennia vibronapryuzhennosti obiednavchykh drukovanykh plat u blokakh radioelektronnoy apparatury / V.V. Strelbitskiy, A.P. Zinkovskiy // Avtomatyzatsiia vyrobnychykh protsessiv u mashynobuduvanni ta prykladobuduvanni. – Lviv : Vyd-vo Nats. un-tu "Lviv. politehnika", 2006. – Vyp. 40. – S. 238–241.

16. Strelbitskiy V. V. Doslidzhennia montazhnykh napruzhen u paianykh konstruksiiakh mikrozbirk / V.V. Strelbitskiy // Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu, seriia: Tekhnichni nauky. – 2012. – № 2. – S. 42–45.

Рецензія/Peer review : 8.10.2018 р.

Надрукована/Printed :21.11.2018 р.
Рецензент: д.т.н., проф. Троцишин І.В.