

**Красиков Н. А., Щелкунов Е. Б.**  
**N. A. Krasikov, E. B. Shchelkunov**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ ПРИ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ В ПАКЕТАХ ИЗ РАЗНОРОДНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

### **RESEARCH OF PROCESSES OCCURRING WHEN HOLE DRILLING IN PACKAGES OF DIFFERENT MATERIALS**

**Красиков Николай Анатольевич** – студент кафедры «Машиностроение» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: kolya.97-05@mail.ru.

**Nikolai A. Krasikov** – Student, Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-na-Amure State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: kolya.97-05@mail.ru.

**Щелкунов Евгений Борисович** – кандидат технических наук, доцент кафедры «Машиностроение» Комсомольского-на-Амуре государственного университета (Россия, Комсомольск-на-Амуре). E-mail: ktm@knastu.ru.

**Evgeny B. Shchelkunov** – PhD in Engineering, Associate Professor, Mechanical Engineering Department, Komsomolsk-na-Amure State University (Russia, Komsomolsk-on-Amur). E-mail: ktm@knastu.ru.

**Аннотация.** В работе представлены результаты экспериментального исследования процессов, происходящих в месте сочленения слоёв пакета разнородных материалов при сверлении в нём отверстий.

**Summary.** The paper presents the results of an experimental study of the processes occurring at the junction of the layers of a package of dissimilar materials when drilling holes in it.

**Ключевые слова:** сверление, отверстие, пакет разнородных материалов, стружка.

**Key words:** drilling, hole, package of dissimilar materials, chips.

УДК 621.9.05

**Введение.** В настоящее время в самолётостроении часто возникает необходимость обработки отверстий одновременно в двух и более деталях из разных по свойствам материалов, собранных в пакет. Данный способ обработки достаточно производителен и позволяет обеспечить точное совпадение осей отверстий. Однако обработка отверстий в пакетах разнородных материалов связана с технологическими сложностями, вызванными существенно различной обрабатываемостью материалов, составляющих пакет.

Целью работы является исследование процессов, происходящих при сверлении, в месте сопряжения слоёв пакета, составленного из существенно различных по обрабатываемости материалов.

**Методика исследования.** Для исследования были составлены пакеты, состоящие из существенно различных по обрабатываемости материалов: алюминиевого сплава марки Д16Т (пластина толщиной 5 мм) и титанового сплава марки ВТ22 (пластина толщиной 5 мм) в следующих сочетаниях:

1. Слой титанового сплава, слой алюминиевого сплава;
2. Слой титанового сплава, слой картона толщиной 2 мм, слой алюминиевого сплава.

Слои пакета скреплялись болтами через отверстия в углах пластин, составляющих слои.

При этом добивались максимально плотного прилегания слоёв.

Исследование проводилось при сверлении отверстий в пакете свёрлами из твёрдого сплава НАМ 304/30-1081 диаметрами 5 и 10 мм на настольном вертикально-сверлильном станке модели 2М112.

Выбор скорости резания был обусловлен возможностями станка, режущего инструмента при обработке титановых сплавов и составлял от 7 до 30 м/мин [1; 2; 3]. Подача ручная.

Для исследования явлений, происходящих в месте сопряжения слоёв пакета при сверлении отверстий, были проведены следующие серии экспериментов (см. рис. 1).

Сверление отверстий выполнялось поочередно со стороны слоя из сплава ВТ23 и со стороны слоя из сплава Д16Т.

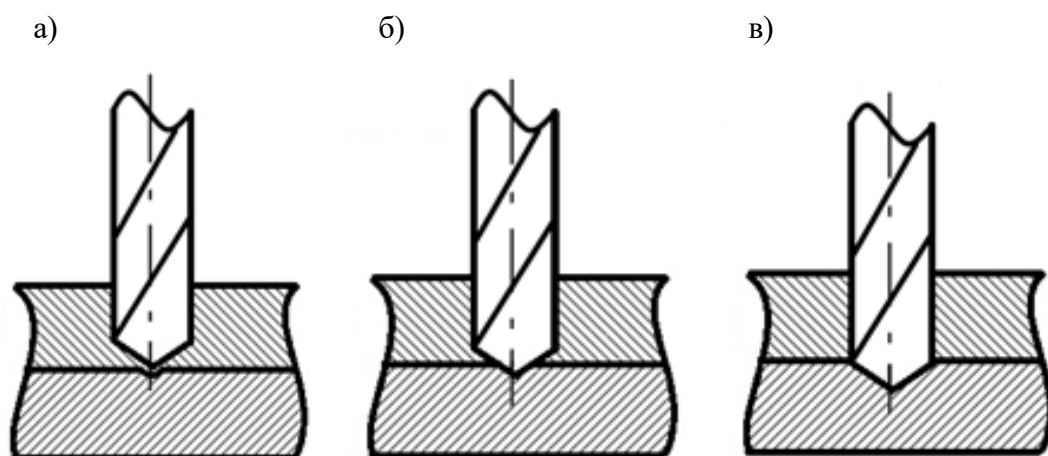


Рис. 1. Серии экспериментов: а – сверление отверстий в верхнем слое пакета до утончения доньшка отверстия; б – сверление отверстий в верхнем слое пакета до прорыва доньшка отверстия; в – сверление отверстий до полного выхода заборного конуса сверла из верхнего слоя пакета

В процессе эксперимента визуальным способом исследовались характер стружкообразования и деформационные процессы, происходящие в месте сопряжения слоёв пакета.

**Результаты исследования.** При сверлении слоя из титанового сплава образуется сильно деформированная сливная стружка, прилипающая к режущим кромкам сверла и накапливающаяся в стружкоотводящих канавках. При недостаточно плотном соединении слоёв пакета стружка попадает между слоями и раздвигает их, действуя как клин.

При сверлении слоя из алюминиевого сплава на указанных скоростях резания образуется суставчатая стружка, хорошо удаляемая из зоны резания.

В процессе сверления отверстия в пакете со стороны титанового сплава по мере утончения доньшко отверстия под действием осевого усилия сверла деформируется (см. рис. 2, а), а затем прорывается. По мере выдавливания доньшка отверстия оно вдавливается в ответную поверхность слоя из алюминиевого сплава, оставляя в нём вмятину (см. рис. 2, б).

В процессе сверления отверстия со стороны слоя из алюминиевого сплава доньшко отверстия дополнительно деформируется об ответную поверхность слоя из сплава ВТ22, приобретая плоскую форму (см. рис. 2, в).

При использовании в пакете промежуточного слоя картона деформация доньшка приобретает вытянутую коническую форму (см. рис. 2, г).

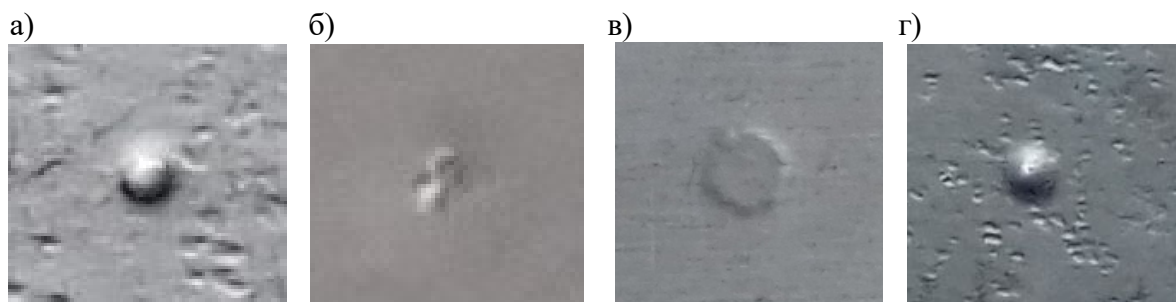


Рис. 2. Деформация на пластинах из титанового сплава (а, г) и из алюминиевого сплава (б, в)

Сверление отверстия со стороны слоя из титанового сплава происходит с ощутимым сопротивлением. По мере врезания сверла в нижний слой из алюминиевого сплава сопротивление резанию снижается. В процессе перехода сверла из верхнего слоя пакета в нижний по окружности отверстия в верхнем слое образуется заусенец, имеющий острую кромку, которая вдавливается в ответную поверхность слоя из алюминиевого сплава и расклинивает слои между собой (см. рис. 3, а).

При сверлении отверстия со стороны слоя из алюминиевого сплава сопротивление резанию невелико, однако в момент встречи сверла со слоем из титанового сплава сопротивление резко возрастает, что может вызвать выкрашивание режущих кромок либо поломку сверла. Образующийся по окружности отверстия заусенец деформируется об ответную поверхность слоя из титанового сплава (см. рис. 3, б).



Рис. 3. Заусенец, образовавшийся по окружности отверстия в слое из титанового сплава (а) и алюминиевого сплава (б)

**Заключение.** В работе представлены результаты экспериментального исследования процессов, происходящих в месте сочленения слоёв пакета разнородных материалов при сверлении в нём отверстий.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ким, В. А. Морфология контактных поверхностей быстрорежущего инструмента при точении титанового сплава ВТ20 / В. А. Ким, Ф. Я. Якубов, Ч. Ф. Якубов // Учёные записки Комсомольского-на-Амуре государственного технического университета. Науки о природе и технике. – 2016. – № II-1(26). – С. 56-63.
2. Асафьева, Е. В. Результаты высокопроизводительного фрезерования титановых сплавов ВТ20, ВТ22 / Е. В. Асафьева, А. Г. Серебренникова // Молодёжь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований: материалы II Всерос. национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых учёных, Комсомольск-на-Амуре, 08-12 апреля 2019 г. В 4 ч. Ч. 1 / редкол.: Э. А. Дмитриев (отв. ред.) [и др.]. – Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГУ», 2019. – С. 15-18.
3. Серебренникова, А. Г. Титановый сплав ВТ22: исследование зависимости выходных параметров токарной обработки от геометрии режущего инструмента / А. Г. Серебренникова, В. Б. Гурьев // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2020. – Т. 24. № 3 (152). – С. 548-560.