

УДК 621.91:678.5

## РЕЗКА ЗАГОТОВОК ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ РАЗЛИЧНЫХ СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СРЕДСТВ

© 2009 С.А.Кобелев, Г.И.Данилов

Институт авиационных технологий и управления  
Ульяновского государственного технического университета

Поступила в редакцию 20.07.2009

В данной работе исследуется зависимость качества обработанных заготовок из ПКМ от параметров технологического процесса обработки их резанием и предлагается способ повышения эффективности технологического процесса.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, смазочно-охлаждающие средства.

Разработка эффективной технологии резки длинномерных заготовок из полимерных композиционных материалов (ПКМ) отрезными алмазными кругами является необходимой задачей при переходе базового предприятия ЗАО «Авиастар-СП» на серийный выпуск самолётов.

Применение смазочно-охлаждающих технологических средств (СОТС) является важным резервом повышения технологической эффективности алмазной резки заготовок из металлов, а также и ПКМ [1]. Авторы ставили цель исследовать эффективность различных смазочно-охлаждающих технологических средств при резании заготовок из ПКМ алмазными кругами.

Исследования проводили на экспериментальной установке, созданной на базе заточного станка ЗД641, использовали модельные образцы из стеклопластика (см. табл. 1) и углепластика (ткань ЛУП-02-84, связующее УП2227), (рис. 1).

Использовали алмазные круги с характеристикой АС4 200/160-100%-М2-0,2, аналогичные используемым на ЗАО «Авиастар-СП», а так же АС15 400/315-100%-М1 прерывистый (с прорезями 7 мм x 14 мм).

В качестве смазочно-охлаждающих технологических средств использовали ионизированный воздух с расходом  $Q = 500$  л/мин, и водопроводную воду с расходом  $Q = 0,02$  л/мин, распыляя ее пульверизатором. Кроме того использовали твердую смазку графит ГЭ-1 ГОСТ 7478-75. Ионизированный воздух получали с помощью бытового ионизатора «Fanline», позволяющий получить концентрацию ионов  $10^3$  /см<sup>3</sup>.

В качестве критериев технологической эффективности использовали коэффициент шлифования, шероховатость поверхности реза по

*Кобелев Станислав Александрович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Самолетостроение».*

*E-mail: aviafil@mc.ru.*

*Данилов Георгий Иванович, аспирант.*

критерию Ra, критическую бесприжоговую врезную подачу алмазного отрезного круга. Подачу определяли визуально по следам деструкции связующего на поверхности реза. Коэффициент шлифования рассчитывали по результатам замеров массы сошлифованного материала и массы изношенного алмазосносного слоя, по соотношению которых получали безразмерную величину. Шероховатость поверхности реза измеряли с помощью профилографа-профилометра модели 201 завода «Калибр».

В качестве базы для сравнения использовали резание без охлаждения.

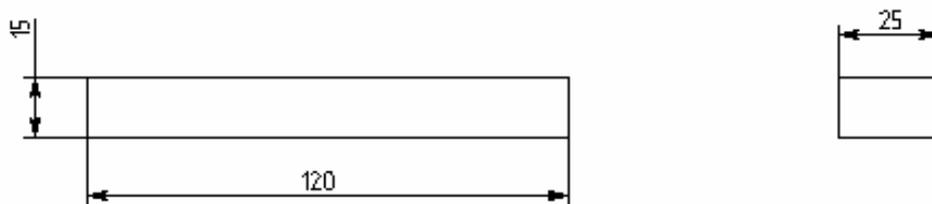
Результаты резки образцов ПКМ с использованием различных СОТС представлены в виде графиков влияния врезной подачи на величину коэффициента шлифования, влияния врезной подачи, способа охлаждения, характеристики круга на шероховатость образцов, зависимости бесприжоговой подачи от характеристик круга и охлаждения.

Анализируя влияние врезной подачи на величину коэффициента шлифования при различных способах охлаждения (рис. 2 а,б,в), видим, что при увеличении подачи от 0,02 мм/дв.ход до 0,04 мм/дв.ход возрастает коэффициент шлифования (от 43,9 до 78,7), т.е. масса сошлифованного материала растёт быстрее массового износа круга.

Наименьшие значения коэффициента шлифования имеет при охлаждении воздухом. На подачах 0,02-0,03 мм/дв.ход большие значения коэффициента шлифования даёт охлаждение водой, однако при подаче 0,04 мм/дв.ход и охлаждении ионизированным воздухом достигается максимальная величина коэффициента шлифования, равная 78,7, что на 6% больше, чем при подаче воды. Это в пределах ошибки эксперимента, но говорит об эффективности применения данного способа охлаждения.

**Таблица 1.** Характеристики модельных образцов из стеклопластика

№	Обозначение	Размеры образца	Масса исходг	Масса тигля,г	Масса в воде,г	Масса подв.,г	Плотность,г/см	Масса эстр.,г	Масса выжжен.,г	Сод-е связ вес/об.%,	Пористость №	Сод.нап. вес/об.%,	Степ.отв.%,
1	T10-14 + ЭДП69Н	1,5x2,48x12,0	9,038	61,163	4,2874	0,044	1,89	9,0371	67,4686 6,3056	30,2/46,4	2,5	69,8/51,1	99,9
2	T10-14+ЭДП69НН	1,5x2,45x12,0	8,9628	62,3161	4,2605	0,044	1,89	8,9615	68,5692 6,2531	30,2/46,4	2,5	69,8/51,1	99,9
3	T-10-14+ЭДП69Н	1,48x2,43x12,0	8,7686	52,8878	4,1944	0,044	1,90	8,7674	59,070 6,1822	29,5/45,6	2,5	70,5/51,9	99,9



**Рис. 1.** Модельные образцы

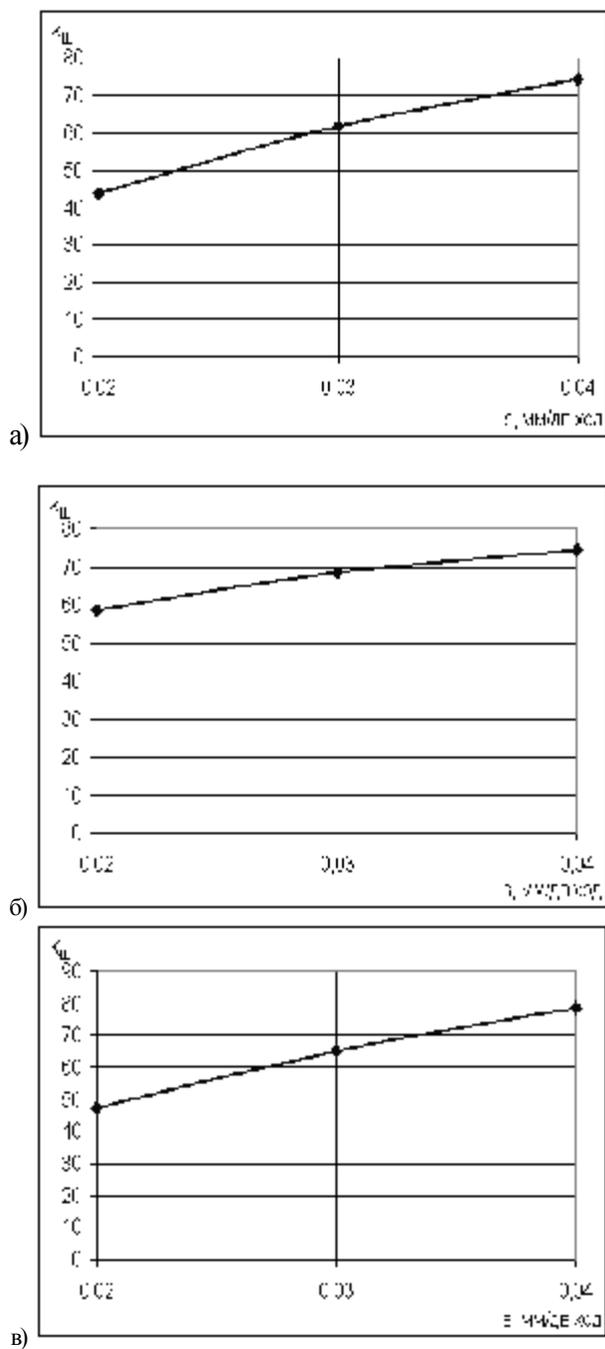
Влияние врезной подачи, способа охлаждения, характеристики круга на шероховатость образцов из стекло- и углепластика показано на двух графиках (рис. 3 и рис. 4)

Видно, что увеличение размера алмазного зерна, приводит к возрастанию шероховатости образцов как из стекло-, так и углепластика (с Ra0,5 для круга AC4 200/160-100%-M2-02 до Ra1,7 для круга AC15 400/315-100%-M1 прерывистый (прорези 7 мм x 14) при подаче 0,01 мм/дв.ход, и с Ra0,75 до Ra2,1 при подаче 0,04 мм/дв.ход для стеклопластика. Для углепластика выявили рост шероховатости от Ra0,31 до Ra1,31 при подаче 0,01 мм/дв.ход, и от Ra0,59 до Ra2,18 при подаче 0,04 мм/дв.ход при тех же условиях). Причём, если для стеклопластика увеличение разности шероховатостей при возрастании подачи незначительное (с Ra0,5 мкм при подаче 0,01 мм/дв.ход до Ra 0,75 мкм при 0,04 мм/дв.ход, т.е. всего на 0,25 мкм)(рис. 2), то для углепла-

стика эта величина существеннее (от Ra 0,3 мкм до Ra 0,59 мкм соответственно, т.е. больше на 0,29 мкм., следовательно на 16% больше, чем для стеклопластика) (рис. 3).

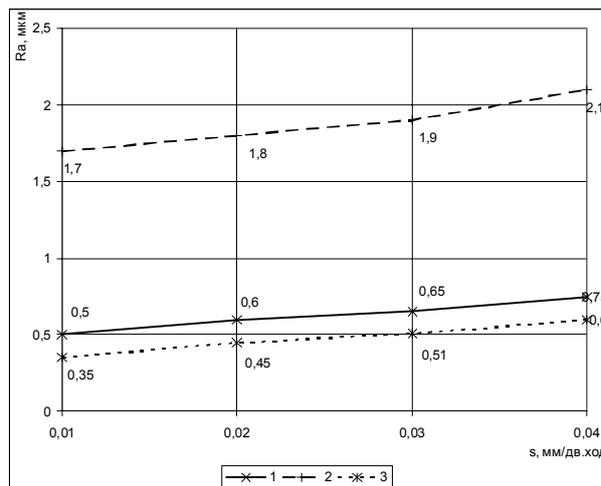
Эти же графики показывают эффективность применения охлаждения водой и ионизированным воздухом для снижения шероховатости обработанных образцов. Наименьшая шероховатость достигается с применением ионизированного воздуха.

Применение графита, обеспечивающего хорошие смазочные свойства, не показало преимущественного влияния на шероховатость образцов (рис. 5). Эффективность охлаждения водой оказалась практически равной охлаждению графитом (кривые 5 и 6). Резание без охлаждения образцов из стеклопластика кругом AC15 400/315-100%-M1 по сравнению с использованием графита привело к снижению шероховатости на 12%.

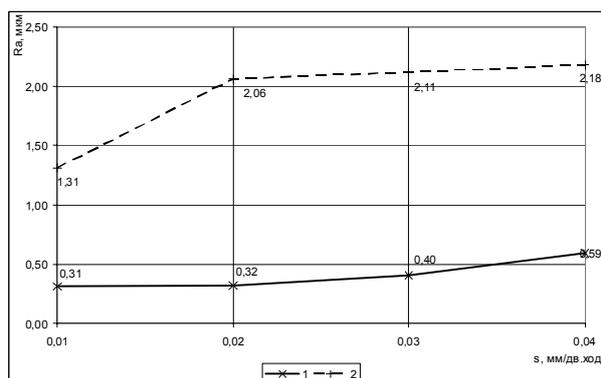


**Рис. 2.** Влияние врезной подачи на величину коэффициента шлифования при резке образцов из стеклопластика кругом АС4 200/160-100%-М2-0,2:  
а – без охлаждения;  
б – охлаждение водой,  $Q = 0,02$  л/мин;  
в – охлаждение ионизированным воздухом.

Максимальная подача при различных параметрах круга и способах охлаждения, при которой не возникает прижогов, показана на соответствующей диаграмме (рис.6). Наибольшее значение (0,05 мм/дв.ход) получено при использовании круга АС15 400/315-100%-М1 с охлаждением водой, однако при такой обработке получают большие значения шероховатос-



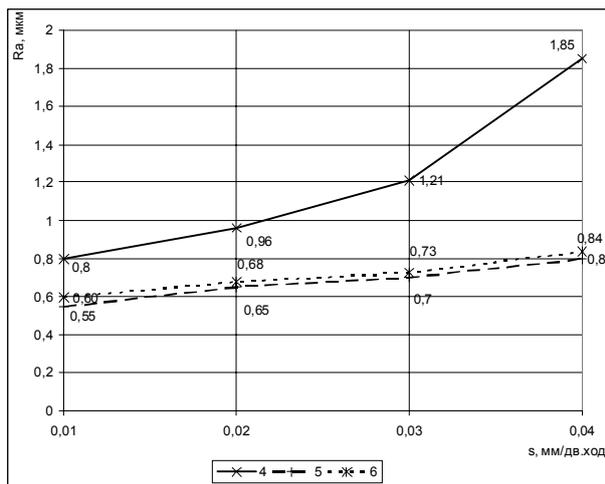
**Рис. 3.** Влияние характеристики круга, способа охлаждения, величины подачи на шероховатость образцов из стеклопластика: 1 – круг АС4 200/160-100%-М2-0,2, без охлаждения; 2 – круг АС15 400/315-100%-М1 прерывистый (прорези 7 мм x 14), без охлаждения; 3 – круг АС4 200/160-100%-М2-0,2, охлаждение ионизированным воздухом



**Рис. 4.** Влияние врезной подачи, способа охлаждения, характеристики круга на шероховатость образцов из углепластика: 1 – круг АС4 200/160-100%-М2-0,2, без охлаждения; 2 – круг АС15 400/315-100%-М1 прерывистый (прорези 7 мм x 14), без охлаждения

ти поверхности. Бесприжоговая резка кругом АС4 200/160-100%-М2-0,2 с охлаждением ионизированным воздухом возможна при максимальной подаче 0,04 мм/дв.ход. К тому же применение водных СОТС на ЗАО “Авиастар-СП” запрещено (см. ТИ 687.25000.00339)

Таким образом, из исследованных СОТС наиболее предпочтителен ионизированный воздух, однако, чтобы реализовать его потенциал необходимо обеспечить его доставку в зону резания, чему препятствуют воздушные потоки, генерируемые быстровращающимся алмазным кругом. Известно, что преодолеть их можно, при-



**Рис. 5.** Влияние врезной подачи, способа охлаждения, характеристики круга на шероховатость образцов из стеклопластика: 4 – круг АС15 400/315-100%-М1 (200 x 2,6 x 32).Прерывистый, охлаждение графитом; 5 – круг АС4 200/160-100%-М2-0,2 (100 x 1 x 32), охлаждение графитом; 6 – круг АС4 200/160-100%-М2-0,2, охлаждение водой

Устройство имеет два торцевых 4 и один радиальный 5 насадок.

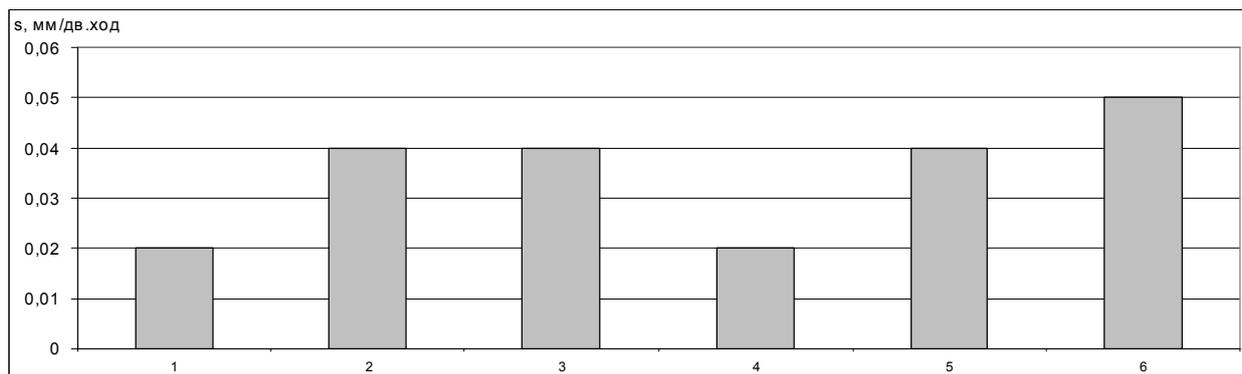
Для определения зависимости характеристик обработанной заготовки от расстояния между кругом и насадками имеется возможность смещения каждого насадка в соответствующем направлении с помощью винтового привода.

Для выявления влияния на обработку формы профильной полости насадка имеется возможность установки различных насадков.

Устройство может быть использовано с кругами различного диаметра. Имеется возможность перемещения всех насадков в радиальном и вертикальном направлениях, вращения вокруг оси, параллельной оси круга, в зависимости от диаметра круга.

Подача ионизированного воздуха осуществляется от ионизатора, не входящего в состав устройства. Ионизатор подключается к распределителю воздуха 6, подающему его через гибкие трубки 7 к насадкам. Все соединения трубок осуществляются через штуцеры 8.

Система регулирования положения насадков



**Рис. 6.** Зависимость бесприжоговой подачи от характеристик круга и охлаждения: 1 – круг АС4 200/160-100%-М2-0,2, без охлаждения; 2 – круг АС15 400/315-100%-М1 прерывистый (прорези 7 мм x 14), без охлаждения; 3 – круг АС4 200/160-100%-М2-0,2, охлаждение ионизированным воздухом; 4 – круг АС4 200/160-100%-М2-0,2 (100 x 1 x 32), охлаждение графитом; 5 – круг АС15 400/315-100%-М1 (200 x 2,6 x 32), охлаждение графитом; 6 – круг АС15 400/315-100%-М1 прерывистый (прорези 7 мм x 14), охлаждение водой

менив соответствующую технику подачи СОТС[2]. Авторы разработали устройство для исследования эффективности торцевых и периферийных клиновидных насадков для подачи газообразных СОТС.

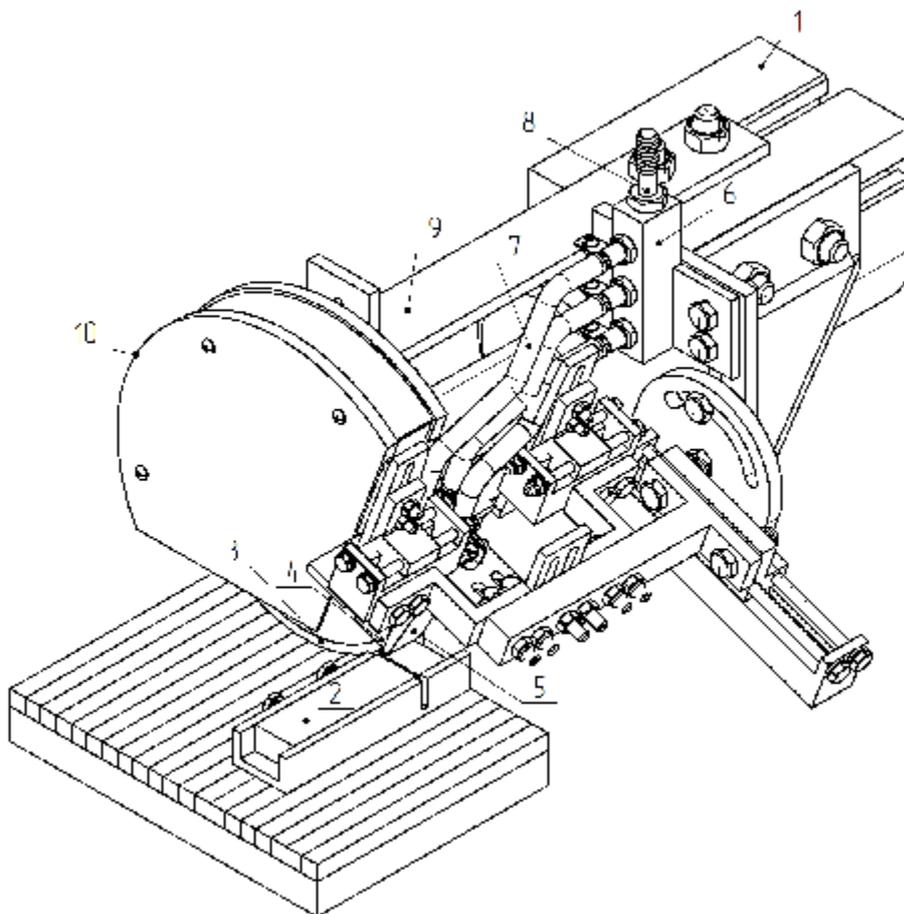
Устройство для подачи ионизированного воздуха разработано для станка ЗД641 (рис.7).

Подача ионизированного воздуха осуществляется через специальные насадки 4 и 5 с профильной полостью. Особая форма полости необходима для создания давления воздуха, превышающего давление поверхностных слоёв воздуха около вращающегося отрезного алмазного круга.

и подачи воздуха крепится на кронштейне 9, устанавливаемом болтами на станочном пазу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Степанов А.А. Резание высокопрочных композиционных полимерных материалов. – М.: Машиностроение, 1987. – 176 с.
2. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: Справочник/ Под ред. С.Г. Энтелеса, Э.М. Берлинера. - М.: Машиностроение, 1986. – 352 с.



**Рис. 7.** Внешний вид устройства для подачи ионизированного воздуха на базе станка 3Д641: 1 – станок 3Д641; 2 – разрезаемый образец; 3 – отрезной алмазный круг; 4 – торцевая насадка; 5 – радиальная насадка; 6 – распределитель воздуха от ионизатора; 7 – трубки; 8 – штуцер; 9 – кронштейн; 10 – защитный кожух

### **IT IS SHARP PREPARATIONS FROM POLYMERIC COMPOSITE MATERIALS WITH APPLICATION VARIOUS lubricating-cooling technological means**

© 2009 S.A. Kobelev, G.I. Danilov

Institute of Aviation Technologies and Managements  
of Ulyanovsk State Technical University

In the given work dependence of quality of the processed preparations from ПКМ from parameters of technological process of processing is investigated by their cutting and the way of increase of efficiency of technological process is offered.

Key words: polymeric composite materials, lubricating-cooling means.

---

*Stanislav Kobelev, Candidate of Technics, Associate Professor  
at the Aircraft Construction Department.*

*E-mail: aviafil@mv.ru.*

*Georgy Danilov, Graduate Student.*