

## ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТИ И ПРОЧНОСТИ СМЕННЫХ МНОГОГРАННЫХ ПЛАСТИН С БОЛЬШИМ ПЕРЕДНИМ УГЛОМ

*Ц. Чжан, аспирант гр. А6-21,*

*В.Н. Козлов, к.т.н., доц.,*

*Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30*

*тел.(3822)-606-389*

E-mail: [965075948@qq.com](mailto:965075948@qq.com)

Одними из главных характеристик алюминиевых сплавов являются легкость материала, высокая тепло- и электропроводность, а также коррозионная стойкость, хорошая обрабатываемость резанием, высокая технологическая пластичность и большой диапазон разновидности физических, механических, антифрикционных и других свойств. Поэтому по применяемости алюминиевые сплавы в настоящее время являются одними из самых распространенных материалов после стали.

Основными проблемами при обработке алюминия и алюминиевых сплавов являются образование нароста или налива и приваривание стружки к передней поверхности режущего инструмента при высокой скорости резания, т.е. при повышенной температуре резания.

При обработке алюминия и его сплавов следует выбирать фрезы со сменными многогранными пластинами (СМП), которые имеют острую режущую кромку и большой передний угол  $\gamma$ . Наличие чрезмерно большого переднего угла может привести к выкрашиванию режущей кромки или даже сколу СМП, поэтому необходим расчёт напряжённо-деформированного состояния (НДС) режущего клина. Длина контакта алюминиевой стружки с передней поверхности большая, поэтому, чтобы не создавать препятствия её проходу и предотвращать образование стружечного комка, часто применяется глубокая стружкозавивающая канавка. Для повышения прочности СМП в СМП АОКХ 180604 FR-F используется канавка с углом спирали около  $30^\circ$  (рис. 1 б).



Рис. 1. Торцевая насадная фреза № 217 с СМП для обработки алюминиевых сплавов (а); сменная многогранная пластина АОКХ 180604 FR-F, устанавливаемая на торцовую фрезу № 217 (б)

Скорость резания неоднозначно влияет на шероховатость обработанной поверхности [1, 2] (рис. 2).

В первом диапазоне скорости резания качество поверхности плохое из-за наростообразования и схватывания (приваривания) прирезцовой поверхности стружки с передней поверхностью режущего инструмента. Нарост периодически разрушается, после чего его части вдавливаются в обработанную поверхность, существенно ухудшая качество обработанной поверхности.

С увеличением скорости резания температура резания увеличивается, поэтому материал нароста размягчается и величина нароста уменьшается, что приводит к уменьшению шероховатости.

Во втором диапазоне шероховатость обработанной поверхности небольшая и она линейно снижается при увеличении скорости резания.

В третьем диапазоне шероховатость обработанной поверхности может увеличиться вследствие увеличения частоты вращения фрезы (или заготовки при токарной обработке), необходимой для увеличения скорости резания. Это часто приводит к появлению вибрации, существенно усиливающейся при совпадении частоты вынужденных колебаний с собственной частотой системы станок - приспособление - инструмент - деталь (СПИД).

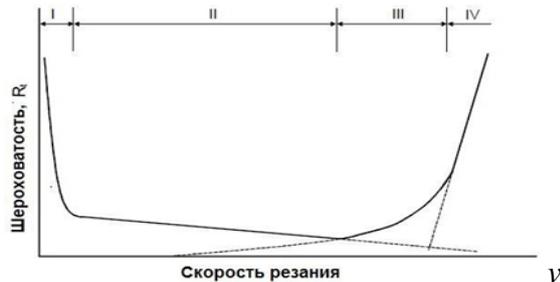


Рис. 2. Зависимость шероховатости поверхности от скорости резания при обработке чистого алюминия

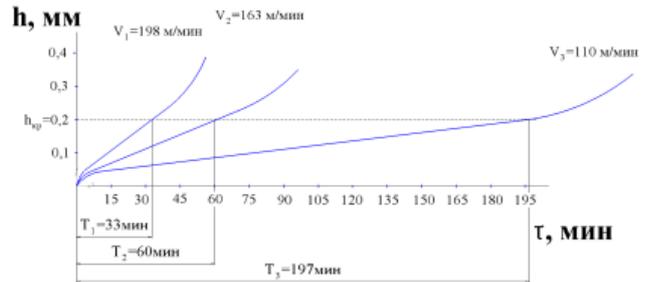


Рис. 3. Влияние времени резания  $\tau$  (мин) на длину фаски задней поверхности  $h_3$  (мм) при обработке алюминиевого деформируемого сплава Д16

В четвёртом диапазоне из-за увеличения температуры резания снимаемая стружка моментально приваривается к режущей кромке и к передней поверхности инструмента, что приводит не только к резкому увеличению шероховатости (порой приходится прекращать обработку), но и к поломке инструмента. Применение специальной смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) позволяет уменьшить это явление, но при большой скорости резания ухудшается проникновение СОЖ в зону резания.

При проведении стойкостных испытаний СМП при резании алюминиевых сплавов мы приняли предельно допустимую длину фаски износа по задней поверхности  $h_{3\text{кр}}$  равной 0,2 мм, т.к. при большей длине фаски начинают образовываться задиры на обработанной поверхности.

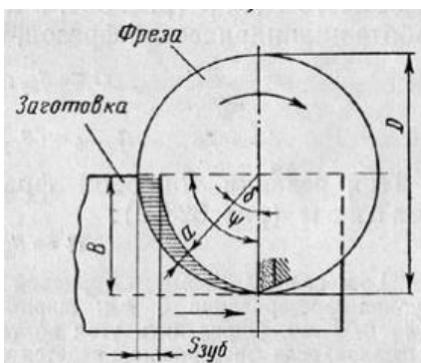


Рис. 4. Изменение толщины

При определении стойкости были получены графики изменения длины фаски износа по задней поверхности  $h_3$  (мм) от времени резания  $\tau$  (мин) при различных скоростях резания алюминиевого деформируемого сплава Д16 (рис. 3). При скорости резания  $v = 110$  м/мин через 197 минут длина фаски износа по задней поверхности достигла  $h_{3\text{кр}} = 0,2$  мм. При  $v = 198$  м/мин предельно допустимый износ наступил уже через 33 минуты.

При оценке надёжности работы фрезы необходимо учитывать не только интенсивность её износа, но и её прочность. При этом надо учитывать изменение толщины среза в процессе поворота зуба фрезы (СМП) (рис. 4).

При обработке концевой фрезой наибольшая

толщина среза  $a_{\text{наиб}}$  рассчитывается по такой же формуле, как и при цилиндрическом фрезеровании

$$a_{\text{наиб}} = s_z \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{t}{D} - \frac{t^2}{D^2}} \approx s_z \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{t}{D}} \quad (\text{мм}),$$

где  $s_z$  – подача на зуб (мм/зуб);  $t$  – глубина резания (мм), измеряемая перпендикулярно оси вращения фрезы;  $D$  – диаметр фрезы (мм).

Наши исследования показали, что наибольшую опасность для хрупкого разрушения представляет период врезания зуба фрезы, т.к. при этом наблюдаются значительное увеличение силы резания по сравнению с установившемся резанием [3, 4].

При большом соотношении  $t/D$  на выходе зуба из контакта с заготовкой силы резания могут быть даже больше, чем при врезании из-за большой величины толщины среза  $a$ . В этом случае необходимо определять НДС зуба фрезы при выходе его из контакта.

В наших исследованиях толщина среза на выходе зуба фрезы была равна 0,283 мм, а составляющие силы резания не превышали тех, что наблюдались при врезании. Поэтому расчёт НДС СМП был выполнен для врезания.

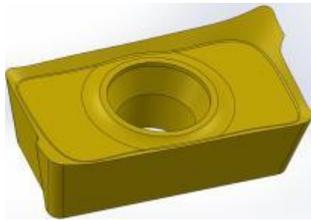


Рис. 5. Модель СМП  
AOKX 180604 FR-F

В ООО «ПК МИОН», г. Томск, изготавливается торцовая фреза № 217, которая используется для установки СМП SDCT 090308A1 с углом в плане  $\varphi = 90^\circ$ , предназначенной для обработки алюминиевых сплавов. Для расчёта напряженно-деформированного состояния этой СМП методом конечных элементов (МКЭ) была построена модель СМП фрезы (рис. 5).

К этой модели были приложены внешние нагрузки в виде контактных напряжений, величина и распределение которых были изучены ранее [3, 4]. Исходными данными для расчёта контактных напряжений были составляющие силы резания, измеренные с использованием динамометра Kistler. Шероховатость поверхности, полученная после фрезерования, измерялась с помощью портативного профилометра.

Для оценки прочности СМП при обработке алюминиевого сплава Д16 было задано распределение контактных нагрузок на поверхностях СМП, величина и распределение которых были изучены ранее [1]. При этом принималось, что наибольшие внешние контактные напряжения действуют в период врезания зуба фрезы.

НДС СМП было рассчитано с использованием программного обеспечения ANSYS. Расчёты были выполнены для СМП с передним углом  $\gamma$ , равным  $15^\circ$  и  $30^\circ$  при скоростях резания  $v$  от 100 до 500 м/мин (рис. 6).

Для оценки прочности лучше использовать эквивалентное напряжение [5], которое необходимо сравнивать с пределом прочности инструментального материала на сжатие или растяжение в зависимости от знака нормального напряжения в рассматриваемой области. Для твёрдого сплава ТТ20К9, из которого сделаны СМП, предел прочности на изгиб 1500 МПа, поэтому недопустимо его превышать.

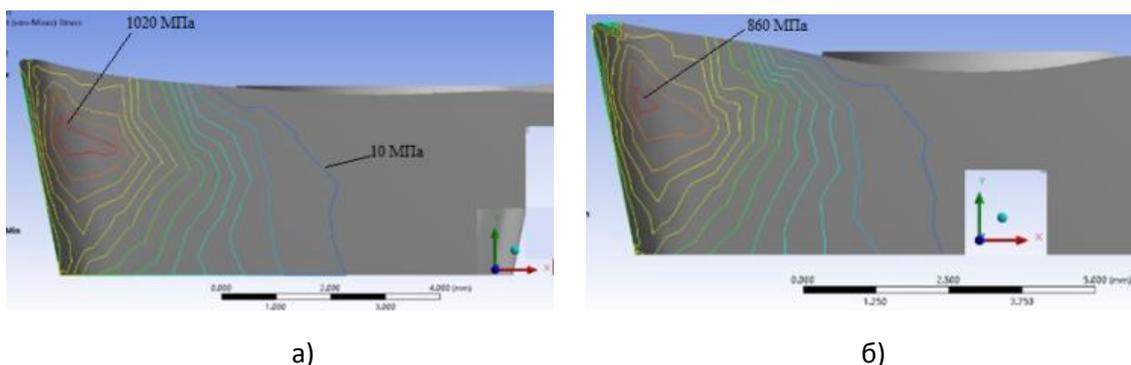


Рис. 6. Распределение эквивалентных напряжений  $\sigma_3$  (МПа) в СМП с передним углом  $\gamma = 30^\circ$  (а) и  $\gamma = 15^\circ$  (б) при скорости резания  $v = 110$  м/мин,  $T = 2000$  °С

Эксперименты показывают, что чем больше передний угол, тем лучше удаление стружки, что позволяет обрабатывать алюминиевый сплав с высокой скоростью. Силы резания уменьшаются, но также значительно уменьшается поперечное сечение режущего клина. При переднем угле  $\gamma = 30^\circ$  при скорости резания 500 м/мин наибольшие эквивалентные напряжения у режущей кромки увеличиваются до 1880 МПа, что может привести к выкрашиванию режущей кромки и даже поломке инструмента.

#### Список литературы:

1. Зайцев В.Е., Скрипка Е.А., Гнатенко О.В. Исследование влияния основных параметров резания на величину шероховатости поверхности Ra при торцевом фрезеровании алюминиевого сплава 6082 Т6, *Авиационно-космическая техника и технология: науч.-техн. журн. / Нац. аэрокосмический ун-т им. Н. Е. Жуковского “Харьковский авиационный институт”*. – Харьков: [б. и.], (1993).
2. Ковалевский А.В. Выбор рациональных режимов для фрезерования для обработки алюминиевых сплавов/ А. В. Ковалевский // *Омский научный вестник* – 2008. - №4 – С 64-66.
3. Козлов В.Н., Чжан Ц., Го И., Сабават С.К. Исследование контактных нагрузок при врезании // *Высокие технологии в современной науке и технике (ВТСНТ-2017): сборник научных трудов VI Международной научно-технической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов, г. Томск, 27-29 ноября 2017 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ); под ред. А. Н. Яковлева*. – Томск: Изд-во ТПУ, 2017. – с. 315-316.
4. Kozlov Victor, Zhang Jiayu, Cui Jian, Bogolyubova Maria. Split Cutter Method for Contact Stresses Research over Flank Surface of a Cutter // *Key Engineering Materials: Scientific Journal*. – 2017. – Vol. 743: High Technology: Research and Applications (HTRA 2016). – p. 258-263.
5. Козлов В.Н., Чжан Ц. Влияние вида нагружения на расчёт внутренних напряжений в режущем клине // *Известия Тульского государственного университета. Технические науки*. – 2017. – № 8, ч. 2. – с. 88-94.