

Исследование влияния основных параметров резания на процесс стружкообразования при торцевом фрезеровании алюминиевого сплава 6082 Т6

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»

Сделан анализ требований, предъявляемых к корпусным деталям летательных аппаратов. Рассмотрены вопросы торцевого фрезерования при высокоскоростной механической обработке корпусных деталей из алюминиевого сплава 6082 Т6. Проведена статистическая обработка экспериментальных данных с целью определить, при каких значениях основных параметров режимов резания (скорости, подачи на зуб, ширины и глубины резания) получается наиболее рациональный процесс стружкообразования.

Ключевые слова: высокоскоростное фрезерование, корпусные детали, алюминиевые сплавы, стружкообразование

Роль корпусных деталей агрегатов в современном авиастроении

В технологии авиастроения повышенное внимание уделяется качеству изготовления корпусных деталей агрегатов авиационных систем. Это связано с тем, что от деталей этого класса во многом зависят качество, надежность, экономичность и долговечность выпускаемых технических изделий в целом. Непосредственно на качество обработки влияет и такой процесс, как стружкообразование при механической обработке.

В механике процесса резания металлов уделяется большое внимание стружкообразованию. На процесс стружкообразования затрачивается более 90% силы и работы резания; соответственно, при стружкообразовании выделяется основная часть тепла. От этого процесса зависят тепловой режим и контактные нагрузки на рабочих поверхностях инструмента, а, следовательно, интенсивность и характер их износа. В непосредственной связи с процессом стружкообразования находится качество поверхностного слоя и точность обработки детали. Таким образом, почти все характеристики процесса резания и его практические результаты зависят от процесса стружкообразования. Протекание этого процесса в основном определяется деформированным состоянием зоны стружкообразования.

Постановка задачи

Интересный эффект увеличения стойкости инструмента при высокоскоростной обработке наблюдается при сравнении способов охлаждения (рис. 1). Как видно из рисунка, наибольшая стойкость наблюдается при использовании обдува.

Поскольку тепло концентрируется в стружке, ее надо просто быстро удалить из зоны резания. Низкая стойкость инструмента при охлаждении объясняется выкрашиванием, что обусловлено циклическими термическими нагрузками на режущую кромку инструмента. Постоянная тепловая нагрузка, даже на относительно высоких температурах, лучше, чем меняющаяся циклическая нагрузка.

Кроме того, стружка в зоне обработки, тем более алюминиевая стружка, становится своеобразным абразивом, приводящим к снижению качества обрабо-

танной поверхности и разрушению режущей кромки инструмента. Это также требует быстрого удаления стружки из зоны обработки.

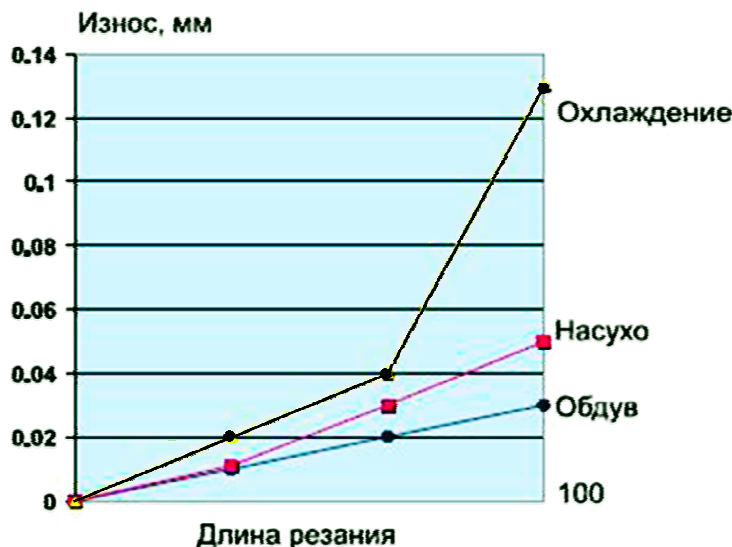


Рис. 1. Влияние методов охлаждения на износ инструмента

Соответственно, задачей является получение оптимальной формы стружки для ее дальнейшего эффективного удаления из зоны обработки.

Статья завершает цикл исследований, начатых в работах [1] и [2].

Исследование процесса образования стружки

Процесс образования стружки состоит из врезания острия зуба (клина) в обрабатываемую заготовку, смещения одних частиц металла относительно других, образования элементов стружки и отделения образовавшейся стружки от обработанной поверхности. В случае попутного фрезерования процесс стружкообразования оказывает меньшее влияние на качество поверхности, чем при встречном фрезеровании — меньшее количество стружки увлекается зубьями инструмента, т.к. она остается позади фрезы.

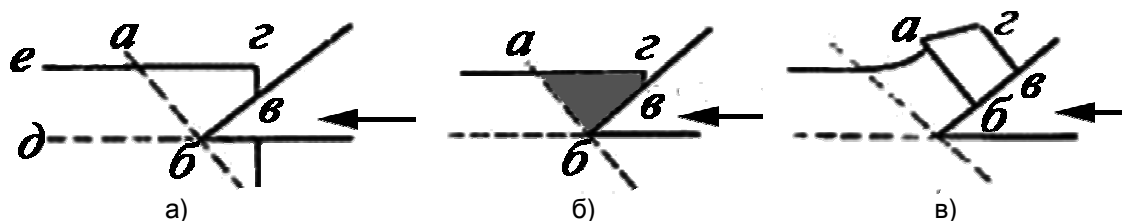


Рис. 2. Образование стружки при обработке вязких металлов

Инструмент в момент начала врезания (рис. 2, а) вдавливаются в обрабатываемую заготовку по направлению стрелки и передней поверхностью сжимает металл. При этом сжатие распределяется не на весь снимаемый слой $dbzge$, а только на часть его, ограниченную углом $abvg$. Это сжатие вызывает сначала упругие деформации металла, но как только давление на площадку bv (рис. 2, б) превысит сопротивление срезу площадки ab , деформации становятся пластическими, и элемент стружки $abvg$ сдвинется по направлению bav , а резец начнет сжимать следующий слой (рис. 2, в).

Размеры деформированной области и характер стружкообразования зависят от свойств обрабатываемого материала и условий резания (рис. 3). Если при обтекании клина материалом образуется сплошная стружка без разрывов и больших трещин, то в этом случае она называется сливной стружкой. Такой тип стружки чаще всего образуется при резании вязких, пластичных материалов.

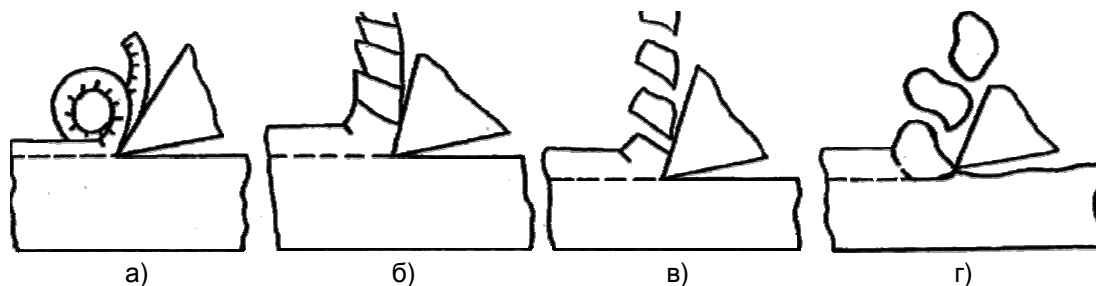


Рис. 3. Типы стружек:

а) сливная; б) суставчатая; в) скалывания; г) надлома

В том случае, когда при резании пластичных материалов имеет место интенсивное трещинообразование, происходит полное разделение стружки на элементы, имеющие определенную правильную форму и последовательность образования, такой тип стружки называется элементной стружкой, или стружкой скалывания.

Очень часто при резании пластичных материалов образуются стружки, не имеющие четко выраженных признаков сливных или стружек скалывания. При их образовании не происходит полного разделения на элементы и трещины заканчивают свое развитие в толще деформированного материала, не выходя на его наружную поверхность. Такие стружки называют суставчатыми.

При резании хрупких материалов (чугуна, бронзы, керамических материалов и др.) происходит вырывание отдельных частиц поверхностного слоя заготовки режущей частью инструмента. Так как пластического деформирования практически не происходит, то элементы стружки, образующиеся в процессе хрупкого разрушения, не имеют правильной формы. Обработанная поверхность шероховатая с зазубринами и вырывами. Такие стружки называют стружками надлома.

Изменяя условия резания и состояния материала, можно при его обработке получать различные типы стружек. Так, например, при резании меди с глубоким охлаждением можно получить стружки надлома, а при резании с подогревом твердых и хрупких материалов – стружки скалывания и даже сливные. При резании некоторых применяющихся в технике современных материалов, например, высокопрочных и тугоплавких сплавов, неметаллических, полимерных и композиционных материалов, образуются стружки, по своей форме и внешнему виду значительно отличающихся от вышеперечисленных.

Экспериментальное определение влияния параметров фрезерования на процесс устойчивого стружкообразования сплава 6082 Т6

Алюминиевый сплав 6082 Т6 [1] относится к легким металлам. Однако алюминий и его сплавы для успешной обработки требует грамотно подобранных режимов резания и особого типа инструмента.

Алюминий способен «забивать» фрезы. Это происходит, когда стружка наматывается на фрезу, и вместе фрезы получается цилиндр с забитыми стружеч-

ными канавками. После «забивания» фреза перестает резать материал, при подаче инструмент начинает просто давить на заготовку, не срезая металл. Потеря фрезой способности резать влечет за собой серьезный сбой в обработке фрезерованием, и, если вовремя не будет выключен станок, к поломке фрезы. На станке с ЧПУ, когда обработка происходит без участия человека, «забивание» фрезы может привести не только к поломке фрезы, но и станка.

Алюминиевая стружка длинная и вязкая. При больших величинах подачи ее образуется много и ее нужно удалять из зоны резания и из канавок фрезы.

Фрезы для обработки алюминия должны иметь большое расстояние между зубьями и широкую канавку для выхода стружки. Касательно геометрии инструмента, углы наклона режущей части фрезы должны соответствовать оптимальным значениям, при которых обработка алюминия происходит наиболее производительно, без задиров и царапания поверхности.

Сегодня на рынке широко представлен ряд инструмента для обработки алюминия, наиболее важно рассмотреть вопросы, связанные с подбором режимов резания и подачу смазывающе-охлаждающей жидкости.

Для фрезерования параметры режимов резания определяем в следующей последовательности:

- 1) по глубине и ширине фрезерования, а также на основании паспортных данных станка выбирают конструктивные параметры фрезы;
- 2) учитывая физико-механические свойства обрабатываемого материала, подбирают материал инструмента, назначают геометрические параметры фрезы и выбирают фрезу;
- 3) определяют подачу на зуб (с учетом способа крепления и вылета фрезы, числа ее зубьев и требуемой шероховатости обработанной поверхности);
- 4) определяют скорость резания;
- 5) определяют частоту вращения шпинделя;
- 6) определяют минутную подачу.

Что касается частот вращения шпинделя, то увеличение этого параметра обработки оказывает очень большое влияние на процесс высокоскоростной обработки алюминия. В большинстве случаев это связано с тем, что при обработке высокая частота вращения шпинделя сочетается с большими глубинами резания и такая комбинация – высокая скорость и большая глубина резания – делает вибрацию намного более грозным явлением, чем ее принято обычно считать.

В результате при фрезеровании алюминия с высокими частотами вращения шпинделя на существующий процесс обработки накладывают уже не два ограничения, а три. К двум общеизвестным ограничениям, существующим при обработке любого металла или сплава, относятся ограничения, накладываемые инструментом и станком. Третьим ограничением, характерным лишь для обработки алюминия, является ограничение, накладываемое гармоническими характеристиками шпинделя и инструментальной системы в целом.

Экспериментальные данные, полученные при высокоскоростной обработке алюминиевого сплава двух-, трех- и четырехзубыми фрезами из инструментальной быстрорежущей стали, без использования стружколома в конструкции металлорежущего инструмента, показывают характер зависимостей вибраций шпинделя от параметров резания (табл. 1):

- резонансный – от скорости резания (режим № 1);
- экспоненциальный – от минутной подачи (режим № 2);
- монотонно возрастающий – от производительности (режим № 3).

Таблица № 1

Режимы высокоскоростного фрезерования

№ режима	№ опыта	Частота вращения, мин ⁻¹	Скорость резания, м/мин	Минутная подача, м/мин	Производительность, см ³ /мин
1	1	12000	720	6	245
	2	15000	900	6	245
	3	17400	1040	5,9	240
2	1	15000	850	5	110
	2	15000	850	6	115
	3	15000	850	7,5	140
3	1	12000	740	4,8	310
	2	12000	740	4,8	430
	3	12000	740	4,8	550

С увеличением скорости резания увеличивается частота вращения шпинделя, что приводит к росту вибраций и ухудшению качества обработки.

Согласно полученным экспериментальным данным, желательное стружкообразование может быть достигнуто при исследуемых значениях варьируемых параметров. На рис. 4 представлены образцы стружки желаемой формы.



Рис. 4. Образцы стружки желаемой формы

С точки зрения беспрепятственного удаления стружки из зоны резания, получения желаемого качества обработанной поверхности, наиболее приемлемыми являются следующие значения основных параметров:

- скорость резания 550 м/мин, подача 0,1 мм/зуб, глубина резания 5 мм, ширина 3 мм (рис. 4, а); за счет небольшого значения скорости и подачи на зуб, происходит стабильный скол стружки, а значения ширины и глубины обеспечивают наибольший съем металла;
- скорость резания 550 м/мин; подача 0,25 мм/зуб, глубина фрезерования 5 мм, ширина 1 мм (рис. 4, б);
- скорость резания 700 м/мин, подача 0,1 мм/зуб, глубина резания 5 мм, ширина 1 мм (рис. 4, в).

Необходимо отметить, что увеличение/уменьшение скорости резания при уменьшении/увеличении значения подачи на зуб соответственно, позволяет получить практически одинаковую форму и размеры стружки.

Производительность процесса будет выше в случае, когда подача на зуб составляет 0,25 мм/зуб, т.к. для торцевого фрезерования объем металла, снимаемого в единицу времени, принимается равным значению подачи.

Повышение скорости фрезерования может привести к большему сколу

стружки, что может «повредить» обработанную поверхность, а нестабильность процесса увеличивается в небольшой степени.

Образование нежелательной стружки, а именно – в форме мелких осколков, надломов, длинных «вьюнков», затрудняющих процесс обработки, отвод стружки из зоны резания и т.д., образцы которой представлены на рис. 5, обеспечивается в следующих случаях.



Рис. 5. Вид стружки нежелательного происхождения

На рис. 5, а представлена наиболее опасная форма стружки, полученная в результате максимальных значений всех параметров. Увеличение подачи на зуб влечет за собой «удлинение» стружки, что также ухудшается за счет наибольшего значения съема материала.

Что касается фрезерования большей площади (за счет увеличения глубины), то влияние увеличения подачи (рис. 5, б) при наименьшей скорости приводит к незначительному удлинению стружки и не позволяет получить желаемый вид и размеры стружки.

Рассматривая изменения значений скорости фрезерования и подачи на зуб (рис. 5 в, г), можно сказать, что из-за наименьшего объема снимаемого металла (ширина и глубина фрезерования равны 1 мм каждая) изменение этих параметров практически не влияет на изменение формы и размеров стружки.

Увеличение скорости резания и уменьшение значения подачи (рис. 5, д), также не обеспечивают получение удовлетворительной стружки. Это связано с тем, что происходит малый объем снимаемого металла, и увеличение скорости приводят лишь к большему вырыванию частиц металла с поверхности заготовки.

Заключение

Результат анализа процесса стружкообразования при высокоскоростном торцевом фрезеровании алюминиевого сплава 6082 T6 показал:

– большой съем металла следует осуществлять при минимально возможных

- значениях скорости резания и подачи на зуб;
- с целью увеличения производительности процесса за счет увеличения подачи на зуб следует уменьшить ширину резания и, соответственно, скорость;
 - при увеличении производительности за счет повышения скорости, необходимо снизить подачу на зуб и ширину резания;
 - оптимальные формы стружки прекрасно подходят для последующего брикетирования и вторичной переработки металла.

Стоит также отметить, что глубина резания не оказывает никакого влияния на процесс желательного стружкообразования.

Список литературы

1. Зайцев В.Е. Исследование влияния основных параметров резания на величину крутящего момента при торцевом фрезеровании алюминиевого сплава 6082 Т6 [Текст] / В.Е. Зайцев, Е.А. Скрипка // Авиационно-космическая техника и технология. – 2013. – № 5 (102). – С. 4 – 11.

2. Зайцев В.Е. Исследование влияния основных параметров резания на величину шероховатости поверхности Ra при торцевом фрезеровании алюминиевого сплава 6082 Т6 [Текст] / В.Е. Зайцев, Е.А. Скрипка, О.В. Гнатенко // Авиационно-космическая техника и технология. – 2014. – № 4 (111). – С. 4 – 9.

Рецензент: д-р техн. наук В.Е. Гайдачук, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков
Поступила в редакцию 04.09.2014

Дослідження впливу основних параметрів різання на процес стружкоутворення при торцевому фрезеруванні алюмінієвих сплавів 6082 т6

Зроблено аналіз вимог, що застосовуються до корпусних деталей літальних апаратів. Розглянуто питання торцевого фрезерування при високошвидкісній механічній обробці корпусних деталей з алюмінієвого сплаву 6082 Т6. Проведена статистична обробка експериментальних даних з метою визначити, при яких значеннях основних параметрів режимів різання (швидкості, подачі на зуб, ширини і глибини різання) виходить найбільш раціональний процес стружкоутворення.

Ключові слова: високошвидкісне фрезерування, корпусні деталі, алюмінієві сплави, стружкоутворення

Investigation of the cut main parameters influence to chip formation of aluminum alloy 6082 t6 milling

The analysis of the requirements of body parts flying machines. The problems in high-speed end milling machining parts made from aluminum alloy 6082 Т6. Statistical processing of the experimental data in order to determine for which values of the main parameters of cutting conditions (speed, feed per tooth, the width and cut depth) are obtained by the most rational of chip formation.

Keywords: high-speed milling, body parts, aluminum alloys, chip formation