

ОСОБЕННОСТИ ФРЕЗЕРОВАНИЯ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

*В.Н. Козлов, к.т.н., доц.,
А. Даурембеков, магистрант гр. 4АМ01;
М. Ци, аспирант гр. А1-21,
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30
тел.(3822)-606-389
E-mail: kozlov-viktor@bk.ru*

Под обрабатываемостью чаще всего понимают интенсивность износа режущего инструмента (или рациональная скорость резания при рациональной стойкости инструмента, часто это 20-40 минут) и качество обработанной поверхности.

Обрабатываемость большинства титановых сплавов плохая и зависит от многих факторов: химического состава, структуры, твердости, метода получения исходной заготовки и её подготовки для дальнейшей лезвийной обработки. Обрабатываемость α - или даже α - β -сплавы сравнимы по обрабатываемости, однако обрабатываемость β - и псевдо- β - сплавов существенно хуже [1]. Основными проблемами при резании титановых сплавов являются следующие факторы:

- интенсивное тепловыделение в зоне стружкообразования приводит к чрезмерному адгезионному износу режущей кромки с её округлением до радиуса $\rho = 0,1 \dots 0,5$ мм и образованием фаски износа на задней поверхности длиной $h_z = 0,2 \dots 0,5$ мм [2, 3, 4]. Интенсивный износ по передней поверхности приводит к быстрому увеличению лунки износа с уменьшением прочности режущего клина, появлению отрицательного переднего угла γ до -30° ;

- низкая теплопроводность приводит к плохой теплопередаче и замедленной теплоотдаче, что существенно увеличивает действие первого пункта;

- низкий модуль упругости приводит к более существенному восстановлению поверхности резания после прохода под режущей кромкой, что способствует увеличению нормальных контактных напряжений на фаске износа по задней поверхности [1, 2, 3, 4], появлению вибрации, что в целом ухудшает точность обработки и качество обработанной поверхности.

Все эти факторы значительно сокращают срок службы инструмента и отрицательно влияют на производительность, т.к. скорость резания труднообрабатываемых групп титановых сплавов порой в несколько раз меньше скорости резания незакалённой конструкционной стали. Обрабатываемость титанового сплава различных групп титановых сплавов наглядно представлена на рис. 1 [1].

При фрезеровании заготовок из титанового сплава стараются использовать наиболее эффективную технологию, или схему, фрезерования. Технологию фрезерования определяет траекторию движения инструмента и отношение «осевая глубина резания (ap) – радиальная глубина резания (ae)» [1]. При этом применяемые термины в справочнике [1] соответствуют следующим применяемым в России терминам при концевом фрезеровании: осевая глубина резания ap – это ширина фрезерования B ; радиальная глубина резания ae – это глубина резания t .



Рис. 1. Обрабатываемость групп титанового сплава

При выборе подходящей стратегии обработки учитываются следующие моменты:

1. Вращающаяся фреза контактирует обработанной деталью по дуге, измеряемой углом зацепления AE (что соответствует также символу ψ – **центральный угол контакта**) (рис. 2). Уменьшение этой дуги вследствие уменьшения глубины резания ae

сокращает тепловую нагрузку на режущую кромку фрезы, уменьшается промежуток времени резания и увеличивается время для ее охлаждения. Меньшее тепловыделение снижает риск закалки титана во время обработки.

2. Из-за вышеупомянутых факторов уменьшение ae позволяет увеличить скорость резания V_c . На рис. 3 показан график зависимости V_c от угла зацепления и отношения глубины резания ae к диаметру концевой фрезы d , т.е. ae/d , при фрезеровании паза ($ae/d = 1$) или уступа в заготовке из Ti-6Al-4V различными методами [1].

3. Значительная удельная сила резания обработке титановых сплавов, особенно труднообрабатываемых, приводит к высокой нагрузке на режущую кромку. Малый модуль упругости E , т.е. как бы «пружинистость», титанового сплава усиливает вибрации, особенно при черновом фрезеровании с большими припусками. Эффективное резание в таких условиях обеспечивается высокой жесткостью всей технологической системой и уменьшение вылета концевой фрезы имеет решающее значение. Это приводит к необходимости использования нескольких фрез с разными вылетами для фрезерования высокого уступа или глубокого паза.

4. Подача охлаждающей жидкости под высоким давлением может значительно повысить эффективность фрезерования, но часто это недопустимо из-за осаждения ингредиентов СОЖ на стружке, что делает невозможным её вторичную переработку.

Список литературы:

1. Справочное руководство ISCAR. Обработка титана. Электронный ресурс: https://www.iscar.ru/Catalogs/publication-2019/machining_titanium_rus_metric.pdf.
2. Che-Haron, C.H. Tool life and surface integrity in turning titanium alloy. Journal of Materials Processing Technology, 118 (1-3) (2001) 231-237.
3. Полетика М.Ф., Афонасов А.И. Контактные условия на задней грани инструмента при элементном стружкообразовании. Сб. статей "Прогрессивные технологические процессы в машиностроении". -Томск, 1997, с. 14-17.
4. Kozlov V.N, Gerasimov A.B, Kim A.B. Distribution of contact loads over the flank-land of the cutter with a rounded cutting edge (IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2016, vol. 124) [012173].

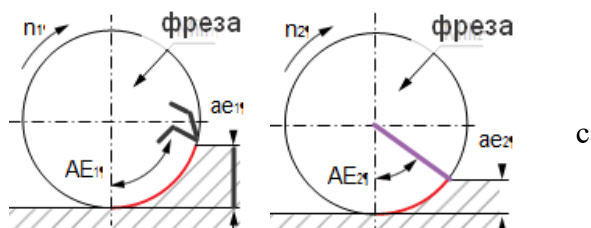


Рис. 2. Дуга контакта AE_1 и AE_2 при различной глубине резания ae

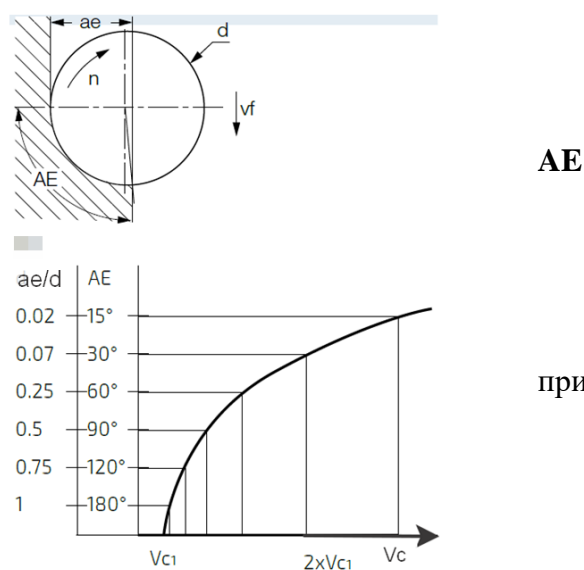


Рис. 3. Влияние длины дуги контакта AE и соотношения ae/d на скорость резания V_c