

## ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ ФРЕЗ ПРИ ОБРАБОТКЕ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ.

М. Ци, аспирант гр. А1-21,  
Ц. Чжан, магистрант гр. 4АМ11,  
Л. Шэ, магистрант гр. 4АМ11,  
В.Н. Козлов, к.т.н., доц.,

Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30  
тел.(3822)-606-389

E-mail: [kozlov-viktor@bk.ru](mailto:kozlov-viktor@bk.ru)

Обрабатываемость титановых сплавов зависит от многих факторов: химического состава, структуры, твердости, метода получения исходной заготовки и её подготовки для дальнейшей лезвийной обработки. Обрабатываемость  $\alpha$ - или даже  $\alpha$ - $\beta$ - сплавы сравнимы по обрабатываемости, однако обрабатываемость  $\beta$ - и псевдо- $\beta$ - сплавов существенно хуже [1-4]. Основными проблемами при резании титановых сплавов являются следующие факторы:

- низкая теплопроводность приводит к плохой теплопередаче и замедленной теплоотдаче, что существенно увеличивает температуру режущего инструмента;
- интенсивное тепловыделение в зоне стружкообразования и низкая теплопроводность приводит к чрезмерному адгезионному износу режущей кромки, что вызывает её округление, образование фаски износа на задней поверхности длиной [1-4]. Интенсивный износ по передней поверхности приводит к быстрому увеличению лунки износа с уменьшением прочности режущего клина, появлению отрицательного переднего угла  $\gamma$  до  $-30^\circ$ ;
- низкий модуль упругости титановых сплавов приводит к существенному восстановлению поверхности резания после прохода под режущей кромкой, что вызывает увеличение нормальных контактных напряжений на фаске износа по задней поверхности, появление вибрации, что увеличивает вероятность выкрашивания режущей кромки и ухудшает качество обработанной поверхности.

Эти факторы не только уменьшают стойкость инструмента, но и производительность, т.к. вызывают необходимость уменьшить скорость резания в несколько раз по сравнению срезанием незакалённой конструкционной стали..

При фрезеровании эти проблемы ещё более усугубляются, т.к. приходится работать с меньшей толщиной среза, что увеличивает подмятие металла под режущую кромку прите округления. Поэтому стараются использовать попутное фрезерование (рис. 1).

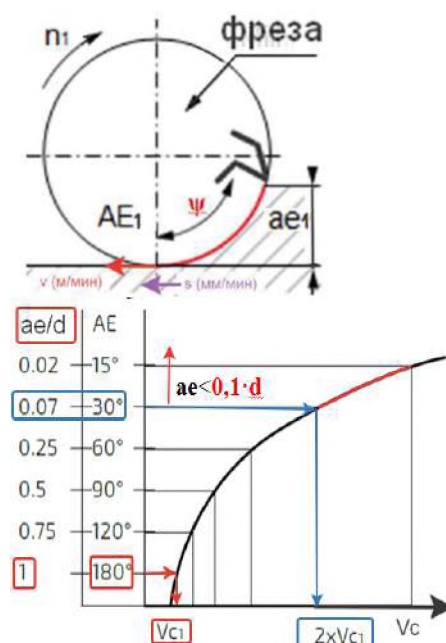


Рис. 1. Влияние длины дуги контакта  $AE$  и соотношения  $ae/d$  на скорость резания  $V_c$ . Ti-6Al-4V-VK8 [1].

Было выявлено, что при уменьшении дуги контакта АЕ можно увеличить скорость резания при той же стойкости инструмента. Применяемые термины в справочнике [1] соответствуют терминам при концевом фрезеровании, применяемым в России: осевая глубина резания **ар** – это ширина фрезерования **B**; радиальная глубина резания **ае** – это глубина резания **t**.

Вращающаяся фреза контактирует с обработанной деталью по дуге, определяемой углом зацепления АЕ (что соответствует также символу  $\psi$  – центральный угол контакта) (рис. 1). Уменьшение этой дуги из-за уменьшения глубины резания **ае** сокращает тепловую нагрузку на режущую кромку фрезы, уменьшается промежуток времени резания и увеличивается время для ее охлаждения. Меньшее тепловыделение снижает вероятность закалки титана во время обработки.

Из-за вязкости титановых сплавов и малой длине контакта стружки увеличивается удельная сила резания, что приводит к высокой нагрузке на режущую кромку. Эффективное резание в таких условиях обеспечивается высокой жесткостью всей технологической системой, в том числе уменьшением вылета концевой фрезы. Это приводит к необходимости использования нескольких фрез с разными вылетами для фрезерования высокого уступа или глубокого паза, но это увеличивает время на переустановку инструмента и уменьшает производительность.

Применение смазочно-охлаждающей жидкости (СОЖ) под высоким давлением могло бы значительно уменьшить температуру режущего инструмента даже при фрезеровании, но часто это недопустимо из-за осаждения ингредиентов СОЖ на стружке и невозможности её вторичной переработки. Поэтому используется воздушная струя с избыточным давлением 0,5-0,6 МПа, которая не только охлаждает инструмент, но и улучшает завивание стружки. Но эффективность охлаждения в этом случае существенно меньше, чем при использовании СОЖ.

#### **Список литературы:**

1. Справочное руководство ISCAR. Обработка титана. Электронный ресурс: [https://www.iscar.ru/Catalogs/publication-2019/machining\\_titanium\\_rus\\_metric.pdf](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].
5. Даурембеков А. Проблемы при фрезеровании титановых сплавов / А. Даурембеков, Ци Мэнсюй, В. Н. Козлов; науч. рук. В. Н. Козлов // Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов сборник докладов II Международной научно-практической конференции, Томск, 26-28 апреля 2022 г.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Школа базовой инженерной подготовки . — Томск : Изд-во ТПУ , 2022. –С. 433-439.