

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ПЛОХОЙ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ РЕЗАНИЕМ.

*В.Н. Козлов, к.т.н., доц.,  
Ц. Чжан, магистрант гр. 4АМ11,  
Л. Шэ, магистрант гр. 4АМ11,  
Томский политехнический университет, 634050, г.Томск, пр.Ленина,30  
тел.(3822)-606-389  
E-mail: [kozlov-viktor@bk.ru](mailto:kozlov-viktor@bk.ru)*

При обработке титановых сплавов основными проблемами являются интенсивный износ режущего инструмента по задней поверхности, что вызывает увеличение силы резания, а также ухудшение качества обработки. Эти проблемы актуальны прежде всего для труднообрабатываемых титановых сплавов, которые применяются в авиа- и судостроении, химической промышленности, к которым предъявляются повышенные требования не только по удельной прочности, но и по жаропрочности и коррозионной стойкости.

Основными причинами ускоренного износа режущих инструментов являются два фактора: пониженная теплопроводность сплавов на основе титана и большие контактные нагрузки при резании [1-4].

При обработке титанового сплава ВТ3-1 было исследовано распределение температуры в режущем клине инструмента методом термочувствительных покрытий [3]. Описанный в работе состав позволяет фиксировать температуру в диапазоне от 300 °С до 1000 °С через каждые 100 °С точностью измерения  $\pm 25^\circ\text{C}$ . Увеличение длины фаски износа по задней поверхности  $h_3$  (мм) приводит к существенному увеличению температуры у режущей кромки до 900 °С и увеличению зоны с температурой режущего клина более 500° С (рис. 1). По горизонтальной оси отложено расстояние от режущей кромки по передней поверхности, а вертикальная ось направлена вдоль фаски износа по задней поверхности.

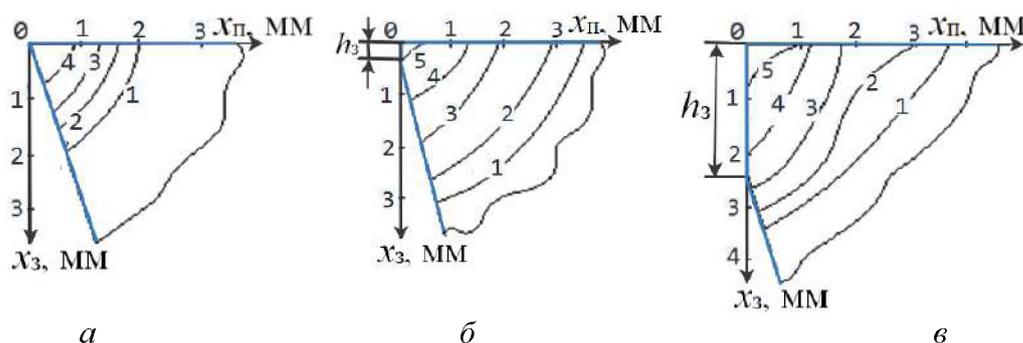


Рис. 1. Распределение температуры в режущем клине при обработке титанового сплава ВТ3-1 – ВК8,  $\gamma = 0^\circ$   $\alpha = 18^\circ$ ,  $v = 60$  м/мин,  $s = 0,21$  мм/об. а –  $h_3=0,05$  мм; б –  $h_3=0,5$  мм; в –  $h_3=2,5$  мм. 1 - 500°С; 2 - 600°С; 3 - 700°С; 4 - 800°С; 5 - 900°С.

Измерение средней температуры резания методом естественной термоэлектродвижущей силы при скорости резания  $v = 60$  м/мин и подаче  $s = 0,21$  мм/об показало, что при длине фаски износа по задней поверхности  $h_3=0,5$  мм средняя температура резания  $t_{cp} = 800^\circ\text{C}$ , т.е. она приближается к наибольшей температуре на поверхности инструмента (900 °С).

Радиальная составляющая силы резания на передней поверхности  $P_{уп}$  (рис. 2) вызывает небольшое опускание поверхности среза  $am$  на величину  $U_h$  вследствие упругой деформации материала заготовки в области стружкообразования и появление прогиба поверхности резания  $m_1n_1$ . Линия  $am$  – это след поверхности среза на главной секущей плоскости до упругой деформации материала заготовки под действием силы  $P_{уп}$ . После формирования элемента стружки в момент его отделения от заготовки радиальная сила на передней поверхности становится равной нулю ( $P_{уп}=0$ ), поэтому происходит упругое восстановление поверхности среза на величину  $U_h$ , что вызывает появление нормальных контактных напряжений  $\sigma_h$  на фаске износа по задней поверхности.

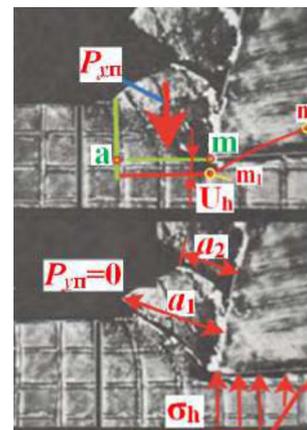


Рис. 2. Упругое восстановление поверхности резания  $m_1n_1$

Малый модуль упругости Юнга титановых сплавов, в 2 раза меньший, чем у стали (т.е. больше «пружинистость»), вызывает увеличение упругого восстановления поверхности среза после отделения сформировавшегося элемента стружки. Это, в свою очередь, приводит к увеличению нормальных контактных напряжений на задней поверхности  $\sigma_h$  [3], что вызывает на ней более интенсивный износ, чем при обработке стали, и быстрое появление фаски износа на задней поверхности.

На этой фаске нормальные контактные напряжения у режущей кромки имеют очень большую величину: от  $\sigma_h = 2370$  МПа при толщине среза  $a = 0,11$  мм до 3400 МПа при толщине среза  $a = 0,41$  мм при обработке титанового сплава ВТ3-1 со скоростью резания  $v = 60$  м/мин. Это вызывает интенсивный износ в начальной стадии развития износа.

При отдалении от режущей кромки более 0,2...0,5 мм нормальные контактные напряжения резко уменьшаются до  $\sigma_h = 570...780$  МПа. Такая особенность изменения контактных напряжений объясняет очень интенсивный износ режущих инструментов по задней поверхности в начале обработки титановых сплавов, но сохранение его работоспособности даже при большой длине фаски износа по задней поверхности  $h_3$  до 5 мм.

Касательные контактные напряжения на фаске задней поверхности  $\tau_h$  у режущей кромки имеют достаточно большую величину ( $\tau_h = 420...810$  МПа в зависимости от толщины среза от 0,11 до 0,41 мм), но при отдалении от режущей кромки более 0,5 мм уменьшаются до 150...220 МПа. Это объясняется нами уменьшением предела прочности на сдвиг титанового сплава ВТ3-1 из-за большой температуры приконтактного слоя. Разупрочнение материалов при быстром нагреве, характерном для резания с высокой скоростью, происходит с некоторым запозданием, что и объясняет большую величину контактных напряжений на фаске задней поверхности у режущей кромки.

#### 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. 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].
4. 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.