

микронеоднородностей, роль которых могут выполнять дислокации, поры, преципитаты и другие дефекты технологического происхождения. Подобные дефекты, как известно, имеются и в эпитаксиальных слоях GaN и гетероструктурах InGaN/GaN, выращенных на подложках Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Высокая плотность энерговыделения в зонах развития электрических микрозарядов приводит к локальному разогреву и формированию микроразрушений, пространственное распределение которых по поверхности гетероструктуры неоднородно. Выяснение роли подложки (отдельных технологических операций, включающих ее обработку) и последовательно расположенных эпитаксиальных слоев, образующих гетероструктуру, в деградации светоизлучающих структур требует проведения дополнительных исследований.

#### Список литературы

1. Олешко В.И., Горина С. Г., и др. Изв. Вузов. Физика. 56, №1. С. 55. (2013).
2. Высокоэнергетическая электроника твердого тела. / Под ред. Д. И. Вайсбурда. (Новосибирск: Наука, 1982. 227 с).
3. Богданкевич О.Б., Зверев М.М., Иванова Т.Ю. и др. КЭ. 113, №10. С. 2132. (1986).
4. Олешко В.И., Лисицын В.М., Скрипин А. С. и др. Письма в ЖТФ. 38, №9. С. 37. (2012).
5. Oleshko V., Lisitsyna L., Malys D. et al. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B. 268, N19. P. 3265. (2010).

### ИССЛЕДОВАНИЕ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ РЕЗЦА ПРИ РЕЗАНИИ СТАЛИ

*Я. ЛИ, Ц. ЧЖАН, В.Н. КОЗЛОВ*

Научный руководитель: доцент, к.т.н. В. Н. Козлов

Национальный исследовательский Томский политехнический институт

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

При резании стали 40Х неизношенным резцом сила резания достаточно стабильна, как правило, не велика и не вызывает опасность разрушения режущего клина при рациональном режиме резания. При черновой обработке стали допускается существенный износ режущего инструмента, что вызывает увеличение силы резания и увеличивает вероятность выкрашивания режущей кромки и скола режущего клина. Наиболее существенное увеличение силы резания вызывается износом по задней поверхности с образованием фаски длиной  $h_z$ , измеряемой перпендикулярно режущей кромки.

Для исследования изменений напряженно-деформированного состояния режущего инструмента при износе были проведены эксперименты по определению распределения контактных напряжений (нагрузок) на передней и задней поверхностях резца при обработке стали 40Х при резании с разными подачами ( $s = 0,07...0,52$  мм/об) и длиной фаски на задней поверхности ( $h_z = 0,13 ... 0,95$  мм) с задним углом  $\alpha h = 0^\circ$ , моделирующей износ по задней поверхности [1]. Главный передний угол  $\gamma = 7^\circ$ , главный задний угол  $\alpha = 12^\circ$ , угол наклона главной режущей кромки  $\lambda = 0^\circ$ . Радиус округления режущей кромки  $\rho = 0,003$  мм соответствовал заточке фаски задней поверхности. Расчёт напряжений и деформаций в режущем клине резца был выполнен методом конечных элементов с использованием программы ANSYS12, рисунок 1.

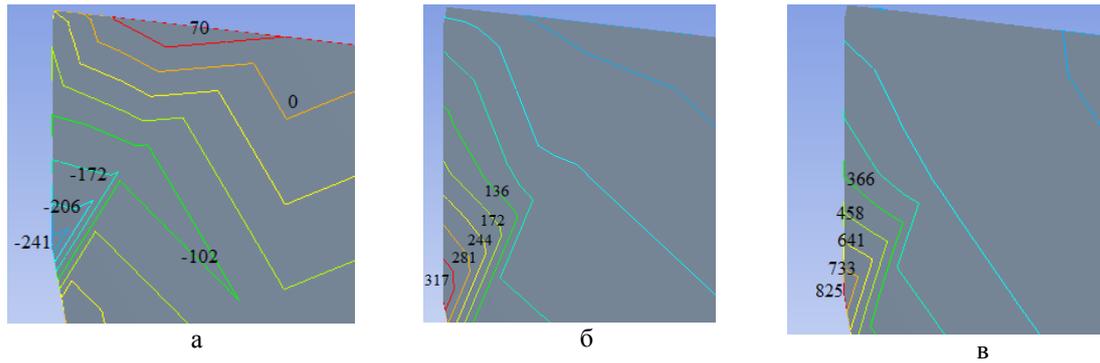


Рисунок 1 - Распределение нормального  $\sigma_y$  (а), касательного  $\tau_{xy}$  (б) и эквивалентного  $\sigma_{\text{ЭКВ}}$  (в) напряжений в режущем клине резца при установившемся резании. Сталь 40X - T15K6;  $v = 2$  м/с;  $s = 0,52$  мм/об;  $t = 1,8$  мм;  $\rho = 0,003$  мм;  $h_3 = 0,13$  мм

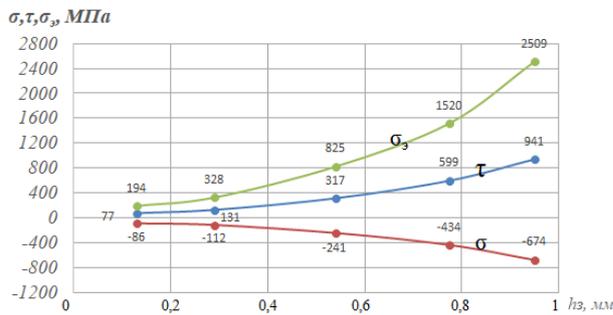


Рисунок 2 - Зависимость внутренних напряжений (МПа) от длины фаски на задней поверхности  $h_3$  (мм). Сталь 40X - T15K6;  $v = 2$  м/с;  $s = 0,11$  мм/об;  $t = 1,8$  мм;  $\rho = 0,003$  мм.  $\sigma$  - наибольшее нормальное напряжение;  $\tau$  - наибольшее касательное напряжение;  $\sigma_{\text{э}}$  - наибольшее эквивалентное напряжение

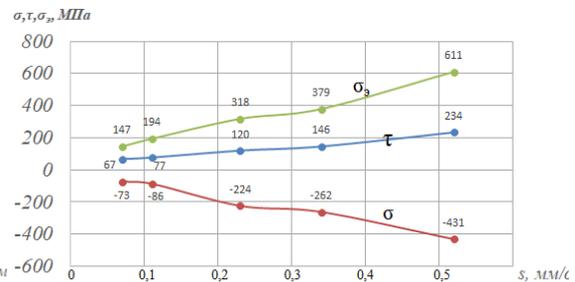


Рисунок 3 - Зависимость внутренних напряжений (МПа) от подачи  $s$  (мм/об). Сталь 40X - T15K6;  $v = 2$  м/с;  $t = 1,8$  мм;  $\rho = 0,003$  мм;  $h_3 = 0,13$  мм.  $\sigma$  - наибольшее нормальное напряжение;  $\tau$  - наибольшее касательное напряжение;  $\sigma_{\text{э}}$  - наибольшее эквивалентное напряжение

При увеличении длины фаски на задней поверхности наиболее интенсивно увеличиваются эквивалентные напряжения  $\sigma_{\text{ЭКВ}}$ , рисунок 2. Нормальные и эквивалентные напряжения увеличиваются более интенсивно по сравнению с касательными напряжениями. При длине фаски на задней поверхности более 0,9 мм даже при небольшой подаче  $s = 0,11$  мм/об наибольшие эквивалентные напряжения приближаются к пределу прочности твёрдого сплава на сжатие.

Увеличение подачи вызывает увеличение напряжений, но при небольшой длине фаски на задней поверхности  $h_3 = 0,13$  мм наибольшее эквивалентное напряжение в несколько раз меньше предела прочности твёрдого сплава на сжатие, рисунок 3.

### Заключение

1. При установившемся резании стали 40X увеличение длины фаски износа на задней поверхности приводит к существенному увеличению наибольших напряжений при постоянной подаче.

2. Подача незначительно влияет на величину наибольшего касательного напряжения.

3. Увеличение длины фаски на задней поверхности более 0,9 мм при подаче менее 0,23 мм/об приводит к появлению эквивалентных напряжений, приближающихся к пределу прочности твёрдого сплава на сжатие.

### Список литературы

1. 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.

## **ВЛИЯНИЕ ОТНОСИТЕЛЬНОЙ ДИЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ПРОНИЦАЕМОСТИ ПОВЕРХНОСТНЫХ ОКСИДНЫХ СТРУКТУР ТВЕРДЫХ СПЛАВОВ НА ИХ ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ**

*Н.З. МАДАМИНОВ, А.А. КОНДРАТЮК, К.П. АРЕФЬЕВ, П.А. ЧАЗОВ, В.П. НЕСТЕРЕНКО*

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

E-mail: [madnodir@mail.ru](mailto:madnodir@mail.ru)

Величина износостойкости режущих инструментов, а также её разброс в значительной степени зависит от свойств, формируемых, на их контактных поверхностях оксидных пленочных структур. Тонкие оксидные пленки, образующиеся на контактных поверхностях режущего клина, оказывают большое влияние на рабочие характеристики режущих инструментов – износостойкость, прочность, надежность. Они снижают интенсивность адгезионных процессов в зонах контакта за счет экранирования межмолекулярного взаимодействия с обрабатываемым материалом. Было установлено, что на интенсивность межмолекулярного взаимодействия поверхностей, инструментального и обрабатываемого материалов большое влияние, оказывает относительная диэлектрическая проницаемость у оксидных структур, формирующихся в зонах их контакта. При уменьшении величины относительной диэлектрической проницаемости оксидных структур, износостойкость режущих инструментов при обработке ими материалов, вызывающих интенсивный адгезионный износ, приобретает тенденцию к росту. К обрабатываемым материалам, вызывающим ускоренное адгезионное разрушение режущего клина, относятся стали аустенитного, аустенитно-мартенситного, аустенитно-ферритного классов, а также хромоникелевые сплавы. Данная группа материалов подвергается обработке, как правило, твердосплавными режущими инструментами группы применяемости – К [1]. Одновременно с повышением износостойкости при снижении величины относительной диэлектрической проницаемости у поверхностной оксидной структуры, формируемой на контактных поверхностях режущих инструментов, также, происходит и снижение коэффициента вариации данной рабочей характеристики.

Исследование износостойкости твердосплавных режущих пластин группы применяемости К осуществляли на токарно-винторезном станке. В качестве обрабатываемого материала использовалась сталь X17H13M2T, вызывающая интенсивный адгезионный износ. Режущим инструментом служили твердосплавные пластины промышленной марки ВК6, относящиеся к вышеуказанной группе. Скорость резания, подача и глубина резания при испытаниях устанавливались, соответственно, 60 м/мин, 0,21 мм/об и 1,5 мм. Износостойкость оценивалась в минутах времени работы режущего инструмента до установленного критерия потери режущих свойств. За критерий потери режущих свойств, принимался износ по задней поверхности режущего клина, равный 0,4 мм.

После испытания твердосплавные режущие пластины очищали в специальном растворе, а затем, после сушки, подвергали окислению в электрической печи с открытым доступом в зону нагрева атмосферного воздуха. Температура окисления режущих пластин в печи примерно соответствовала температуре, действующей в зонах контакта,