

Литература

1. Левченко Н.В. Электроалмазное шлифование инструментальных материалов. Автореферат диссертации. Харьковский политехнический институт, Харьков, 1970.

2. Митряев К.Ф. Петров Б.И. и др. Влияние режимов электроалмазной заточки твердосплавного инструмента на качество его поверхностей и стойкость. Труды КуАИ, вып. 43, Куйбышев, 1970.

УДК 621.9.06: 621.9.015

**Б.А.Кравченко, М.А.Аранзон, Г.А.Кулаков
И.К. Тацый**

ИССЛЕДОВАНИЕ ЧИСТОВОГО ТОЧЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ СТАЛЕЙ РЕЗЦАМИ ИЗ ЭЛЬБОРА Р

Высокие требования к качеству обрабатываемых поверхностей не всегда могут быть обеспечены существующими методами абразивной обработки. Это обусловлено в основном формированием в процессе шлифования растягивающих остаточных напряжений в поверхностном слое изделий, значительно понижающих предел выносливости в условиях знакопеременных нагрузок. Освоение промышленного выпуска нового сверхтвердого синтетического инструментального материала - эльбора Р, обладающего уникальным сочетанием физико-механических и теплофизических свойств, создает перспективу широкого его использования при чистой обработке ряда конструкционных сталей и сплавов, применяемых в ответственных узлах механизмов и машин.

Ниже приводятся некоторые результаты исследования чистового наружного точения широко распространенных закаленных высокопрочных сталей 30ХГСА ($\sigma_B = 170 \text{ кг/мм}^2$) и ЭИ643 ($\sigma_B = 200 \text{ кг/мм}^2$).

Эксперименты проводились на токарно-винторезном станке модели "ГОС" чехословацкого производства, установленном на резинометаллические опоры ОВ-31. Станок был предварительно проверен на точность по ГОСТ 1969-43 и виброустойчивость. Показателем динамического качества станка принят коэффициент устойчивости, определяемый по формуле

$$K = \frac{A_{\text{ХХ}}}{A_{\text{Р}}},$$

где $A_{\text{ХХ}}$ - амплитуда колебаний в направлении составляющей силы резания P_y на холостом ходу;

$A_{\text{Р}}$ - амплитуда колебаний в том же направлении при резании.

Уровень колебаний определялся емкостным бесконтактным датчиком, подключенным через усилитель ЧМУ к шлейфовому осциллографу Н-102. При этом была использована методика, разработанная в КИТИ [1]. Для большинства скоростных ступеней станка ($n = 112 + 710$ об/мин), подвергнутых испытанию, коэффициент устойчивости больше единицы ($K = 1 + 1,45$). Это указывает на достаточно высокие динамические качества станка, что весьма важно при чистовом точении.

Резцы из альбора Р были изготовлены на Томилинском заводе алмазных инструментов и затачивались по передней и задним поверхностям на универсально-заточном станке модели ЗА64М алмазными кругами АЧК 150АС05-Б1-100% с последующей доводкой режущих поверхностей и радиуса при вершине на притирочном станке чугуным диском, шаржированным алмазной пастой АСМ1-3. При этом шероховатость затачиваемых поверхностей соответствовала 9-10 классам по ГОСТ 2789-59.

Учитывая возможность значительной разницы в режущих свойствах альбора Р в пределах данной партии резцов, что связано с недостаточной отработкой технологии синтеза, все резцы, предназначенные для исследования, прошли качественный отбор. Для этого резцы с геометрическими параметрами ($\psi = \psi_1 = 45^\circ$, $\chi = -5^\circ$, $\alpha = 8-12^\circ$, $\lambda = 0$, $\psi_0 = 0$) подвергались испытанию при резании на одном и том же режиме ($V = 50$ м/мин, $S = 0,02$ мм/об, $t = 0,2$ мм) до износа по задней поверхности $h_3 = 0,2$ мм.

На основании полученных значений стойкости построен закон ее распределения (рис.1). Для дальнейших исследований использовались резцы, стойкость которых составляла $20 + 30$ мин.

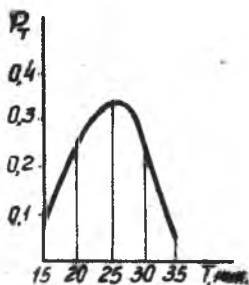


Рис.1. Функция распределения стойкости в партии резцов

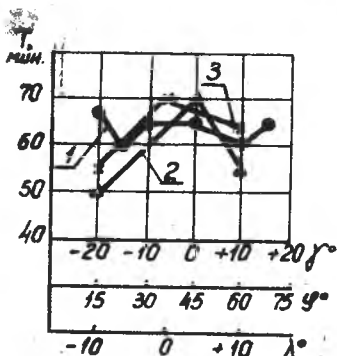


Рис.2. Зависимость стойкости резца от I-переднего угла ψ ; 2 - главного угла в плане φ ; 3 - угла наклона главной режущей кромки λ . Режим резания: $V = 50$ м/мин, $S = 0,02$ мм/об, $t = 0,2$ мм

Согласно приведенным в работе [2] данным, период стойкости инструмента изменяется по мере переточек режущих поверхностей и перехода от поверхностных к более глубоким слоям пластинки из альбора Р. Проведенные нами опыты на резцах, прошедших качественный отбор и перетачиваемых до пяти раз, не подтвердили указанное положение - периоды стойкости и режущие свойства инструмента, независимо от количества переточек, оставались практически неизменными.

В имеющейся литературе [2, 5] по оптимальной геометрии резцов приводятся весьма противоречивые данные. На рис.2 и 3 приведены графики стойкости и износа инструмента для различных значений углов. Периоды стойкости инструмента T определялись по фаске износа на задней поверхности $h_3 = 0,5$ мм при режиме резания $V = 50$ м/мин, $S = 0,02$ мм/об, $t = 0,2$ мм. Как видно из графиков, изменение в широких пределах переднего угла ψ , главного угла в плане φ и угла наклона главной режущей кромки λ

не оказывает существенного влияния на стойкость резца. Это объясняется спецификой тонкого точения, когда основную роль в формировании геометрии режущего лезвия играют радиус округления режущей кромки ρ и радиус при вершине резца r .

Совершенно иная картина наблюдается при изменении главного заднего угла α (рис.3). При точении стали 30ХГСНА с увеличением угла α от 4° до 25° значительно уменьшается интенсивность износа по задней поверхности и стойкость резца увеличивается от $T = 40$ мин до $T = 120$ мин. При переходе от обычно рекомендуемого значения угла $\alpha = 10^\circ$, к углу $\alpha = 25^\circ$ стойкость инструмента при точении сталей 30ХГСНА и ЭИ643 увеличивается соответственно на 70 и 60%. Дальнейшее увеличение заднего угла до $\alpha = 30^\circ$ также способствует увеличению стойкости (до $T = 210-250$ мин), однако при этом процесс резания сопровождается вибрациями и увеличением высоты микронеровностей обработанной поверхности. Поэтому такой задний угол не может быть рекомендован для практического использования.

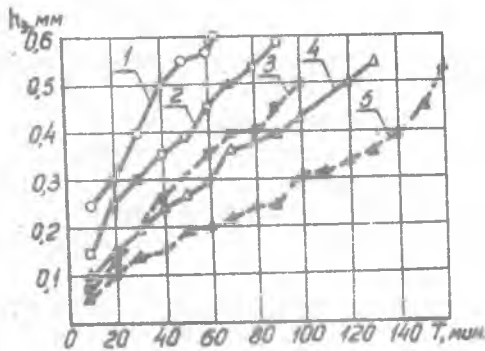


Рис.3. Влияние заднего угла α и обрабатываемого материала на износ резца из эдборра Р. Сталь 30ХГСНА: 1 - $\alpha = 4^\circ$; 2 - $\alpha = 10^\circ$; 4 - $\alpha = 25^\circ$. Сталь ЭИ643: 3 - $\alpha = 10^\circ$; 5 - $\alpha = 25^\circ$. Режим резания: $V = 50$ м/мин, $S = 0,02$ мм/об, $t = 0,2$ мм

Преимущество работы резцов с большими задними углами проявляется ими не только в уменьшении износа по задней поверхности, но и размерного износа. Так, например, при точении стали 30ХГСА резцами из эльбора Р на режиме резания $V = 50$ м/мин, $t = 0,2$ мм, $S = 0,02$ мм/об относительный поверхностный износ уменьшается от $h_{o.n} = 167$ до $h_{o.n} = 74$ мкм / 10^3 см² при увеличении заднего угла с 10° до 25° . С увеличением подачи разница величин относительного поверхностного износа резцов при указанном изменении задних углов уменьшается. Однако она еще весьма ощутима при подаче $S = 0,08$ мм/об.

Повышение стойкости резцов из эльбора Р с увеличением заднего угла α связано со спецификой распределения удельных контактных нагрузок в обрабатываемом материале под задней поверхностью инструмента в условиях резания с малыми толщинами среза. В работе [5] показано, что с уменьшением толщины среза максимум эпюры напряжений под задней поверхностью инструмента в обрабатываемом материале смещается от режущей кромки в сторону задней поверхности. Это сопровождается усилением упругого выпучивания металла и увеличением площадки контакта по задней поверхности, что увеличивает работу сил трения, контактную температуру, а следовательно, и износ. Можно полагать, что значительное увеличение заднего угла способствует ослаблению роли этих процессов.

Для упрочнения режущего клина резца из эльбора Р с задним углом $\alpha = 25^\circ$ передний угол был увеличен до $\gamma = -20^\circ$, учитывая, что последний не оказывает существенного влияния на стойкость инструмента. В итоге была принята следующая оптимальная геометрия резца: $\gamma = -20^\circ$, $\alpha = 25^\circ$, $\alpha_1 = 10^\circ$, $\psi = 45^\circ$, $\psi_1 = 20^\circ$, $\lambda = +5^\circ$, $\tau = 0,4$ мм.

В исследованном диапазоне режимов резания ($V = 20+130$

м/мин, $S = 0,02 + 0,1$ мм/об, $t = 0,1 - 0,8$ мм) наряду с износом задней поверхности имеет место износ передней поверхности с образованием луночки весьма небольшой глубины. По своему характеру износ является абразивно-механическим с возможным переходом в адгезионный. Процесс резания резцами из эльбора Р сопровождается непрерывным микровыкрашиванием частиц поликристаллического режущего материала вследствие нарушения физических связей между отдельными кристалликами, сопряженного воздействием силового и температурного факторов.

Результаты стойкостных исследований показаны на рис. 4.

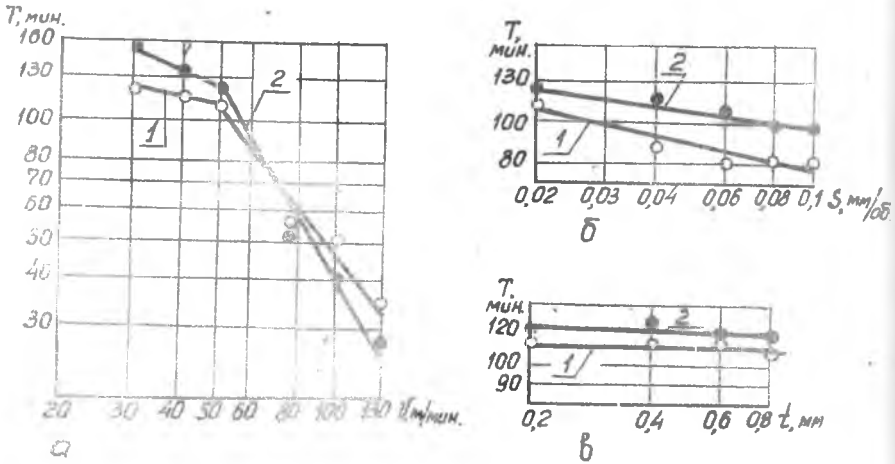


Рис. 4. Влияние параметров резания и обрабатываемого материала на стойкость реза.

1 - ЗОХСНА, 2 - ЭИ643,

а - $S \times t = 0,02 \times 0,2$, б - $V = 50$ м/мин, $t = 0,2$ мм,
в - $V = 50$ м/мин, $S = 0,02$ мм/об.

Геометрия инструмента: $\gamma = -20^\circ$, $\alpha = 25^\circ$, $\alpha_1 = 10^\circ$,
 $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 20^\circ$, $\lambda = +5^\circ$, $z = 0,4$ мм.

Они получены при принятом критерии затупления инструмента по задней поверхности $h_3 = 0,35$ мм для стали ЭИ643 и $h_3 = 0,4$ мм для стали ЗОХСНА. Зависимость относительного линейного износа

$h_{0.1}$ от скорости резания представлена на рис.5. Радиальный износ h_z измерялся с помощью индикаторного прибора, а величина $h_{0.1}$ определялась по методике, изложенной в работе [4]. Как следует из графиков на рис. 4 и 5, резцы из альбора Р на скоростях резания $V < 70$ м/мин имеют большую стойкость и меньший относительный линейный износ при обработке более прочной стали ЭИ643. При точении указанной стали со скоростями резания $V > 70-80$ м/мин относительный износ резца становится выше, а стойкость его меньше, чем при точении стали ЗОХГСА. Приведенные на рис.4 зависимости стойкости инструмента от скорости резания свидетельствуют о том, что резцы из альбора Р при точении закаленных сталей ЗОХГСА и ЭИ643 мало чувствительны к изменению скорости резания. Это указывает, прежде всего, на увеличенную термостойкость альбора Р по сравнению с другими инструментальными материалами.

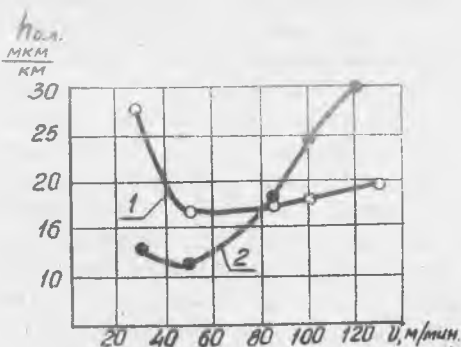


Рис. 5 Влияние скорости резания v на линейный относительный износ при точении сталей ЗОХГСА и ЭИ643 резцами из альбора Р. 1 - сталь ЗОХГСА, 2 - сталь ЭИ643. Сечение среза - $S \times t = 0,02 \times 0,2$

Из графиков на рис.4б и в видно, что в исследуемом диапазоне режимов резания стойкость инструмента практически не зависит от глубины резания t , а влияние подачи S на стойкость проявляется весьма слабо.

В результате обработки экспериментальных данных получены следующие формулы для скорости резания при точении резцами из эльбора Р :

$$V = \frac{753}{T^{0,62} \cdot S^{0,07}} \quad - \text{ для стали ЭИ643;}$$

$$V = \frac{1180}{T^{0,8} \cdot S^{0,15}} \quad - \text{ для стали ЗОХГСНА.}$$

Приведенные формулы даны для диапазона скоростей резания $V = 50 - 130$ м/мин.

Одним из важнейших показателей процесса чистового точения является шероховатость обработанной поверхности. Исследования показали, что при точении резцами из эльбора Р стали ЗОХГСНА величина шероховатости в исследуемых диапазонах подач и глубин резания при скоростях не более $V = 100$ м/мин соответствует 7-9 классам при износе резца до $h_3 = 0,2 - 0,25$ мм. При износе $h_3 = 0,4$ мм, принятом в качестве критерия затупления инструмента, стабильное получение шероховатости, соответствующей 7 классу чистоты, обеспечивается на режимах $V = 50-90$ м/мин, $S \leq 0,05$ мм/об и $t < 0,5$ мм. Примерно такие же результаты по шероховатости обработанной поверхности достигаются при точении стали ЭИ643. Однако максимальный износ по задней поверхности при этом не должен превышать $h_3 = 0,4$ мм. Следует отметить, что использование в качестве СОЖ 5%-ой эмульсии способствует снижению величины шероховатости обработанной поверхности и ее волнистости.

Опыты показывают, что при точении в аналогичных условиях закаленных сталей ЗОХГСНА и ЭИ643 твердосплавными резцами ТИ5К6 чистота обработанной поверхности ниже на 1-2 класса, чем при работе резцами из эльбора Р. При точении резцами из эльбора Р с оптимальной геометрией ($\gamma = -20^\circ$, $\alpha = 25^\circ$) в поверхностном слое обработанной детали формируются сжимающие остаточные напряжения с максимальной величиной $\sigma_{t_{max}} = 20-30$ кг/мм². Глубина их залегания составляет $\Delta a = 130 - 140$ мкм. Остаточные напряжения, близкие к нулю, образуются при работе эльборовыми резцами с углами заточки $\gamma = -5^\circ$ и $\alpha = 10^\circ$. Приведенная разница в уровне остаточных напряжений объясняется влиянием переднего угла, с увеличением отрицательной величины которого, как известно, уровень сжимающих остаточных напряжений возрастает.

Аналогичные данные получены при точении закаленной стали ХВГ резцами из эльбора [6]. Точение стали ЗОХГСНА твердосплавным резцом Т15К6 с обычно применяемой в производстве геометрии ($\gamma = -10^\circ$, $\alpha = 10^\circ$) приводит к образованию растягивающих остаточных напряжений.

Таким образом, при чистовом точении закаленных сталей резцами из эльбора Р в поверхностном слое формируется более благоприятное напряженно-деформированное состояние, которое должно способствовать увеличению усталостной прочности деталей при циклическом их нагружении.

Литература

1. Клебанов М.К. и др. Повышение качества и точности изготовления изделий на металлорежущих станках. Куйбышевское книжное издательство, Куйбышев, 1969.
2. Каменкович А.С. и др. Исследование процесса точения деталей из закаленных сталей. "Алмазы", Научно-техн.рефер. Сб., № 1, М., 1971.
3. Кравченко Б.А. О давлении по задней поверхности инструмента. "Инструментальные режущие материалы". Изд. АН СССР, М., 1960.
4. Макаров А.Д. Износ и стойкость режущих инструментов. "Машиностроение", М., 1966.
5. Резницкий Л.М. Обработка резанием закаленных сталей. Машгиз, М., 1949.
6. Маркова Л.Г. Исследование процесса тонкого точения закаленных сталей резцами из эльбора. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук, Л., 1971.