

УДК 621.941.004.6:537.524

А.А.Аваков, Р.Г.Маркосян

О СТЕПЕНИ ВЛИЯНИЯ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ЭФФЕКТА ГАО<sup>х)</sup>  
НА СТОЙКОСТЬ ТВЕРДСПЛАВНЫХ И БЫСТРОРЕЖУЩИХ  
РЕЗЦОВ

Если проследить за 18-летней историей применения эффекта ГАО к разным видам режущих инструментов, то легко будет заметить, что в отношении сверл все исследователи сходятся в том, что методом термоэлектрического вмешательства можно достичь повышения их стойкости. При этом ряд исследователей [1] объясняет это повышение не термоэлектрически, а демпфирующим фактором, обусловленным влиянием пластмассового конуса на крутильные колебания сверла. Это эффект применительно к сверлам впервые был исследован профессором М.Т.Галеем в 1962 г., что дало основание ряду авторов назвать явление повышения стойкости сверл путем термоэлектрического вмешательства эффектом Галея. Эффекту Галея посвящено много исследований. Остановимся вкратце на самом последнем [2]. Е.В.Бурмистров и А.В.Тарасов [2], обрабатывая титановый сплав ОТ4 на станке 2А135 малыми ( $d = 3$  мм) сверлами из быстрорежущей стали Р18, показали, что хорошие результаты, в части уменьшения износа и повышения стойкости сверл, дает пропускание через зону резания слабого электрического тока ( $I = 25-30$  ма) определенного направления. Не касаясь здесь истинных причин эффекта Галея, отметим, что исследователи, давшие эффекту ГАО отрицательную оценку [3], [4], [5], занимались не сверлением, а точением. В связи с этим, оставив

<sup>х)</sup> Первые буквы фамилий Гордиенко - Аксер - Опитц.

пока в стороне специфический случай сверления, авторы поставили перед собой задачу - выяснить вопрос о степени влияния эффекта ГАО на стойкость твердосплавных и быстрорежущих резцов при точении стали 45, ЭИ835 и ХХ18Н9Т.

Прежде всего, с помощью компенсационного метода измерения слабых токов было установлено, что в принятых условиях эксперимента термо-электрический ток, циркулирующий в цепи "резец - изделие - токосъемник - резец" (сокращенно - РИТР) меняется в пределах от 8 до 95 микроампер. Это примерно в 100 раз меньше тех значений, которые получили Х. Аксер [6] и А.Б.Москалев [7], применившие методически неправильные методы измерения слабых токов.

Здесь следует учесть, что в реальных условиях резания для указанного тока фактически получаются значения в десятки раз меньше тех, которые были получены авторами статьи. Это объясняется тем, что в реальных условиях учитывается не цепь РИТР, а цепь СПИД, иными словами в электрическую цепь включается станок, электрическое сопротивление которого во время работы возрастает.

Таким образом, экспериментально установив наличие в исследуемой цепи в е с ь м а с л а б ы х токов, авторы решили выяснить вопрос: могут ли эти токи оказать достаточно сильное воздействие на изнашиваемость резцов, а стало быть и на их стойкость.

Для выяснения вопроса о влиянии эффекта ГАО на стойкость резцов был разработан такой метод тарировки и отбора экспериментальных режущих кромок, который гарантировал бы от традиционных ошибок, вызываемых неоднородностью твердосплавных пластин не только в пределах данной партии, но даже в пределах всего лишь одной многолезвийной пластины.

С этой целью авторы использовали два метода тарирования пластины:

А - метод термозлектрического тарирования пластины путем кратковременного (15-20 секунд) точения стали 45 при постоянном режиме:

$$t = \text{const.}; \quad S = \text{const.}; \quad V = \text{const.}$$

Б - метод тарирования по характеру износа по задней поверхности. Сущность этого метода изложена ниже.

Обрабатываемая цилиндрическая заготовка делилась канавками на четыре равные по длине части, которые последовательно обрабатывались каждой из четырех лезвий режущей пластины при одинаковых значениях

$t$ ,  $S$  и  $V$ . После этого из большой партии испытанных таким путем режущих кромок отбирались лишь те, которые проработав в одинаковых условиях  $t$ ,  $S$ ,  $V$  (т), получили одинаковые как по

форме, так и по размерам штрихи износа по задней поверхности. Если у сравниваемых режущих кромок износ по задней поверхности оказывался  $0,1 > h_2 < 0,15$  мм, то пластинки доводились по передней поверхности (точнее - по площадке фаски) до получения износа  $0,1$  мм. Снятие по фаске ничтожно малого слоя, толщиной меньшей, чем  $0,05$  мм, естественно не могло внести каких-либо существенных различий в эти пластины и, стало быть, не могло отразиться на их стойкости.

Для правильного суждения о достоинствах указанных методов тарирования пластин при одинаковых условиях резания было испытано несколько пар режущих кромок на одних и тех же пластинах, причем после каждого из этих испытаний сопоставлялись фотоснимки изношенных по вспомогательной задней поверхности участков режущих пластин.

На рис. 1 представлены указанные фотоснимки, при этом строки "а" и "б" соответствуют тарированию по методу А, а строка "в" - тарирование по методу Б.

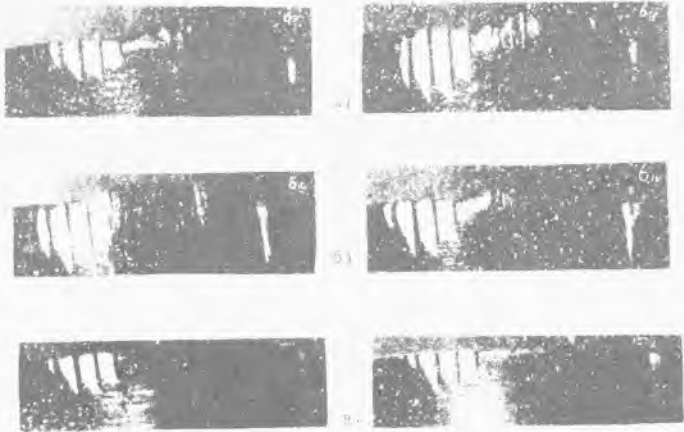


Рис. 1. Изношенные участки режущих пластин по вспомогательной задней поверхности при двух методах тарирования.

Мы видим, что при использовании метода А могут быть получены значения ширины штрихов износа по вспомогательной задней поверхности, отличающиеся друг от друга в 1,5-2,5 раза.

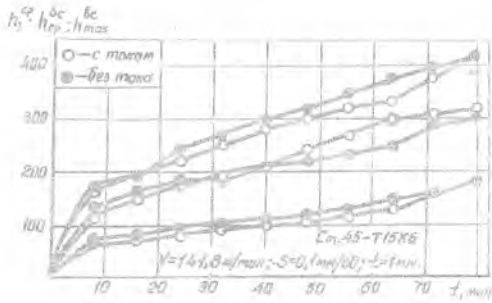
Этого нельзя сказать про метод Б: как следует из рис. 1 (строка "в"), изношенные участки практически одинаковы по всем параметрам, характеризующим износ резцов. При тарировании пластин по методу Б авторы контролировали износ по вспомогательной задней поверхности в случаях, когда глубина резания  $t \leq 0,5$  мм, и по главной задней поверхности, когда  $t \geq 1$  мм.

Опыты по точению проводились на токарно-винторезном станке модели 163. В качестве обрабатываемых материалов использовались в состоянии поставки (после резки на заготовки длиной 600-700 мм и диаметром 150-180 мм) стали 45, 1Х18Н9Т и ЭИ835. Сравнительные опыты проводились на одной заготовке, разделенной на две равные половины, при этом опыты "с током" и "без тока" после каждого завершенного цикла чередовались по номерам половинок: один раз "с током" - на левой половине, другой раз - на правой.

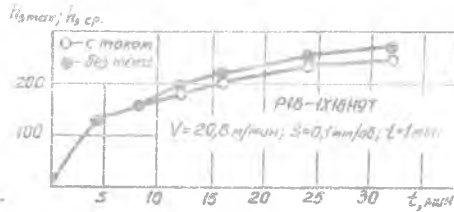
Использовались цельные резцы из быстрорежущей стали и резцы конструкции ВНИИ, оснащенные непереключаемыми четырехлезвийными твердосплавными пластинками марок Т15К6, Т5К10 и ВК8 с диаметром описанной окружности 18 мм. В собранном виде эти резцы имели следующую геометрию:  $\gamma = 10^\circ$ ,  $\alpha = 10^\circ$ ,  $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$ ,  $\lambda = -4^\circ$ ,

$\tau = 0,8$  мм. Вылет реза во всех опытах поддерживался неизменным - 35 мм. Державка имела сечение  $20 \times 30$  мм<sup>2</sup> и длину 140 мм. Резцы из быстрорежущей стали Р18 сечением  $12 \times 12$  мм<sup>2</sup> имели длину 130 мм. Геометрия резцов:  $\gamma = 0^\circ$ ,  $\alpha = \alpha_1 = 6^\circ$ ,  $\varphi \neq \varphi_1 = 45^\circ$ ,  $\lambda = 0^\circ$ ,  $\tau = 0,2$  мм.

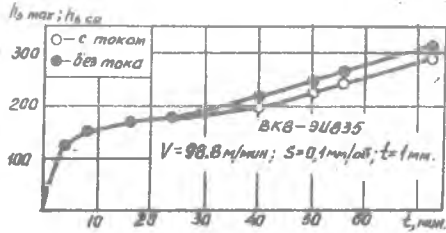
В опытах с твердосплавными пластинками скоростной диапазон был принят равным 60-300 м/мин при  $S = 0,1$  мм/об и  $t = 1$  мм. Визуальное измерение ширины штрихов износа по главной и вспомогательной задней поверхности сопровождалось фотографированием изношенных участков с помощью фотонасадки на инструментальном микроскопе БМИ-1. Всего по данной серии опытов было получено 750 фотоснимков. Для исключения влияния сопротивления станка авторы работали при замкнутой и разомкнутой цепи РИТР.



а)



б)



в)

Рис.2. Кривые зависимости максимальных и средних значений длины канавок на вспомогательной задней поверхности и средних значений ширины штрихов износа на главной задней поверхности от времени резания для случаев замкнутой и разомкнутой цепи РИТР. а) - термоэлемент "Т15К6 - ст.45",  $t = 1$  мм,  $S = 0,1$  мм/об и  $V = 20,8$  м/мин; в) - термоэлемент "BK8 - IX18H9T",  $t = 1$  мм/об и  $V = 20,8$  м/мин; в) - термоэлемент "BK8 - ЭИ835",  $t = 1$  мм,  $S = 0,1$  мм/об и  $V = 98,8$  м/мин.

На рис. 2 представлены зависимости максимальных и средних значений длины канавок на вспомогательной задней поверхности и средних значений ширины штрихов износа на главной задней поверхности от времени резания для случаев замкнутой и разомкнутой цепи РИТР. Кривым на рис. 2а соответствуют условия: термоэлемент "Т15К6 - ст.45",

$t = 1,0$  мм,  $\delta = 0,1$  мм/об и  $V = 141,8$  м/мин; на рис. 2б - термоэлемент "Т18 -ХХ18Н9Т",  $t = 1,0$  мм,  $\delta = 0,1$  мм/об,  $V = 20,8$  м/мин; на рис. 2в - термоэлемент "ВК8-ЭИ835",  $t = 1,0$  мм,  $\delta = 0,1$  мм/об,  $V = 98,8$  м/мин.

Сопоставление графиков на рис. 2 приводит нас к заключению, совпадающему с отрицательным выводом исследователей [3], [4], [5] относительно влияния эффекта ГАО на стойкость режцов. Аналогичные результаты были получены нами для термоэлемента "Т5К10 - ст.45" при  $t = 1,0$  мм,  $\delta = 0,1$  мм/об,  $V = 178$  м/мин и для термоэлемента "Т15К6 - ст. 45" при  $t = 1,0$  мм,  $\delta = 0,1$  мм/об,  $V = 261$  м/мин.

Анализ снимков в данных, полученных авторами, позволяет сделать следующие выводы.

1. Во всех (без исключения) случаях площадки износа при вершине реза ( $\gamma = 0,8$  мм) делятся на два, резко различающихся друг от друга по форме износа, участка, из которых один охватывает привершинную часть, направленную в сторону подачи и, стало быть, относящуюся к области главной режущей кромки, а второй - представляет рабочий участок вспомогательной кромки.

Износ на первом участке носит обычный характер, типичный для случаев износа главных режущих кромок. Ширина штрихов износа вдоль кромки меняется непрерывно без резких скачков.

Диаметрально противоположная картина наблюдается на рабочем участке вспомогательной кромки. Здесь мы наблюдаем резко выраженный "канавочный" тип износа<sup>х)</sup> в виде трапециoidalных полосок, прерываемых глубинными проточинами, окрашенными на фотоснимках в черный цвет. Расстояние между указанными канавками равно подаче.

Механизм образования этих канавок поясняется ниже.

Как это следует из рис. 3, за время  $T = 12$  мин были образованы 4 канавки, к моменту  $2T = 24$  мин число канавок достигло 5 и т.д., к моменту  $5T = 60$  мин число канавок достигло семи. Несмотря на то, что моментам времени  $3T$  и  $4T$  соответствуют одинаковые числа (по 6)

<sup>х)</sup> Этот тип износа иногда называют "концентрированным".

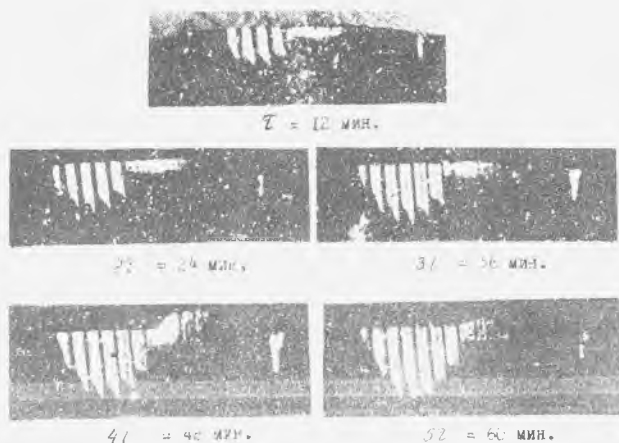


Рис. 6.

Рис. 3. Фотоснимки канавок износа на вспомогательной задней поверхности в течение разных промежутков времени. (термоэлемент "Т15К6 - ст. 45",  $t = 0,5$  мм,  $S = 0,1$  мм/об и  $V = 84,7$  м/мин).

канавок, мы видим, что при переходе от момента 3Т к 4Т последняя (шестая канавка), находившаяся в момент 3Т в зачаточном состоянии, к моменту 4Т достигает полного развития, при этом одновременно наблюдается рост линейных элементов и всех других ранее образовавшихся канавок.

По мнению авторов, образование новых канавок, равно как и увеличение линейных размеров старых, - находится в зависимости от размерного износа резца. Начало образования новой канавки имеет место тогда, когда длина контакта между кромкой и изделием, осуществляемая от края предыдущей канавки до очага образования новой канавки, сравнивается с подачей.

Как видно из рис. 3, образование новых канавок на вспомогательной задней поверхности происходит в направлении, противоположном движению подачи.

2. Термоток, возникающий при точении, практически не отражается на износе режущих пластин и, стало быть, на их стойкости.

3. Образование канавок не имеет никакого отношения к термотокам при резании, а зависит от физико-механических свойств обрабатываемых и режущих материалов, геометрии резца и режимов резания. Так, например, при точении стали 45 четырехлезвийными непереключаемыми пластинками марки Т15К6 при  $t = 0,5$  мм,  $S = 0,1$  мм/об образование канавок не наблюдается при  $V \leq 60$  м/мин, а при  $V > 60$  м/мин при той же глубине и подаче образуются канавки.

### Литература

1. Федоров Р. Сюрприз пластмассового конуса. "Наука и жизнь", 1962, № 6.

2. Бурмистров Б.В., Тарасов А.В. Сверление отверстий с введением в зону резания слабых электрических токов. Труды КуАИ, вып. 43. Куйбышев, 1970.

3. Engstrand G. Does Compensation of Thermoelectric Currents Influence Cutting Tool Wear. Transactions of the Royal Institute of Technology Stockholm Sweden. "Mechan. Eng" 144. №5 1959.

4. Исибаси Акира, Кацуки Акира. Влияние электрического тока при механической обработке на величину напряжения сдвига и износ резца. 1970.

5. Bazzow G., Spencer R.M. Some factors influencing the reliability of tool life tests. Ann CIRP, 1970. 18. №2.

6. Ahez H. Temperaturfeld elektrochemischer Verschleiß am Drehmeißel Aufwand, Leistung und Wirtschaftlichkeit neuzeitlicher Werkzeugmaschinen. 6 Aachener Werkzeugmaschinen-kolloquium 1953. Essen, 1953.

7. Москалев А.П. Электрические явления, сопровождающие процесс резания. "Материалы научно-технической конференции", Николаев, 1969.