

8. Гордон М.Б. К вопросу о физической природе трения при резании металлов всухую и с применением смазочноохлаждающих жидкостей. Сб. под редакцией М.И.Клушина и Л.А.Брахмана, № 1, МДНТП им. Ф.Э.Дзержинского, Москва, 1966.

9. Gordon M.B. The Applicability of the binomial law to the process of friction in the cutting of metals. „Wear“ 1967, 10, N4, pp 274-290

10. Дерягин Б.В. Новый закон трения и скольжения, ДАН. 3/93, 1934.

11. Гордон М.Б. О соотношении между адгезией и трением при резании металлов без нароста. Известия вузов СССР. „Машиностроение“, № 3, 1971.

12. Боуден Ф.П., Тейбор Д. Трение и смазка. Машигиз. 1962.

13. Семенов А.П. Трение и адгезионное взаимодействие тугоплавких и труднообрабатываемых материалов при высоких температурах. Тезисы докладов межвузовской научной конференции по вопросам технологических процессов резания труднообрабатываемых материалов, Москва, Станки, 1967.

14. Носевский И.Г. Влияние газовой среды на износ металлов, „Техника“, Киев, 1968.

УДК 621.941.025.669.018.44.004.6

А.С.Зыкин, В.Г.Никифоров, А.Н.Амелькин

ПРИМЕНЕНИЕ ЭЛЕКТРОКОНТАКТНОГО ПОДОГРЕВА  
ПРИ ТОЧЕНИИ И ОТРЕЗКЕ ПРУТКОВ И СЛИТКОВ  
ИЗ ТИТАНОВЫХ СПЛАВОВ

Механическая обработка материалов в нагретом состоянии, в частности с электроконтактным подогревом, зарекомендовала себя как новое прогрессивное направление.

Данное исследование проводилось при точении прутков из сплавов ВТ20 и ВТ9, при отрезке слитков из сплавов ВТЗ-1, ВТ15 и ВТ14 отрезными резцами, а также при резке титановых сплавов ВТ9 и ТС5 твердосплавными пилами. Подвод электрического тока осуществляется по цепи "резец-деталь" [1] от сети напряжением 220в через автотрансформатор и силовой понижающий трансформатор.

Влияние силы тока на стойкость резцов характеризуется данными, приведенными на рис. 1 + 3 и зависит от свойств обрабатываемого материала и режима резания. Графики зависимости стойкости от силы подводимого тока как при точении, так и при отрезке имеют горбообразный характер. Максимум графиков соответствует оптимальному значению подводимого тока для данного режима резания.

При рассмотрении рис.1 обращает на себя внимание тот факт, что с увеличением подачи максимум графиков все более сдвигается вправо, к большим значениям силы подводимого тока.

Так, при точении сплава ВТ20 при  $S = 0,32$  мм/об ( $V = 35$  м/мин;  $t = 3$  мм) наибольшая стойкость соответствует силе тока  $J = 100$  а; при  $S = 0,4$  мм/об -  $150$ а; при  $S = 0,5$  мм/об -  $200$ а.

Т. мин.

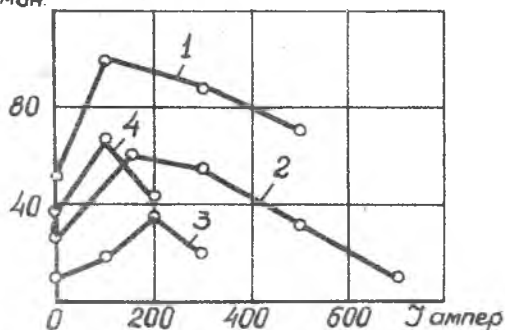


Рис.1. Зависимость стойкости от силы подводимого тока и подачи при точении сплавов ВТ20 и ВТ9. Геометрия резца:

$\gamma = -5^\circ$ ;  $\alpha = 10^\circ$ ;  $\varphi = 30^\circ$ ;  $\varphi_1 = 15^\circ$ ;  $\lambda = 7^\circ$ ;  
 $h_3 = 0,5$  мм.

1, 2, 3 - сплав ВТ20;  $V = 35$ ;  $t = 3$ .

1 -  $S = 0,32$ ; 2 -  $S = 0,4$ ; 3 -  $S = 0,5$  мм/об.

4 - сплав ВТ9.  $V = 30$ ;  $S = 0,4$ ;  $t = 3$

При этом эффективность применения электроконтактного подогрева повышается, а именно: если при  $\xi = 0,32$  мм/об и  $J = 100$  а стойкость в сопоставлении с точением без тока повышается в 2 раза, то при  $\xi = 0,4$  мм/об - в 2,4 раза, а при  $\xi = 0,5$  мм/об - в 3,4 раза. Такой характер влияния подачи на оптимальную силу тока и стойкость резцов можно наблюдать и при отрезке слитков из сплава ВТЗ-1 (рис.2). Поэтому при использовании электроконтактного подогрева естественно стремление к наибольшей подаче, величина которой, учитывая достаточную прочность державок резцов и жесткость применяемого станочного оборудования, в первую очередь, ограничивается стойкостью инструмента. Стойкость инструмента при превышении некоторой предельной подачи, как показывают исследования, катастрофически падает. В частности, при "холодной" отрезке сплава ВТЗ-1 такому уровню подач отвечает  $\xi = 0,16 - 0,2$  мм/об, а при отрезке с электроконтактным подогревом -  $\xi = 0,25 - 0,3$  мм/об. Последнее указывает на возможность обработки с подогревом в диапазоне повышенных подач.

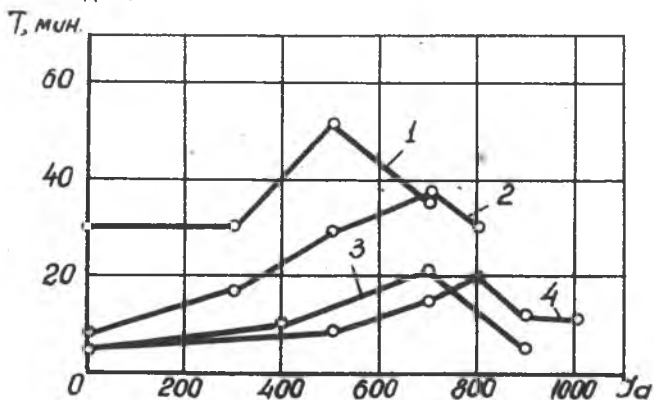


Рис.2. Зависимость стойкости от силы подводимого тока при отрезке слитков из титановых сплавов. Геометрия резца:  $\gamma = 135^\circ$ ;  $\varphi = -5^\circ$ ;  $\alpha = 10^\circ$ ;  $b = 12$  мм;  $b_1 = 4$  мм;  $h_3 = 1$  мм. 1 - сплав ВТЗ-1  $V = 20$ ;  $\xi = 0,16$ .  
 2 - сплав ВТЗ-1  $V = 20$ ;  $\xi = 0,25$ .  
 3 - сплав ВТ15  $V = 20$ ;  $\xi = 0,16$ .  
 4 - сплав ВТ14  $V = 30$ ;  $\xi = 0,31$ .

С увеличением скорости резания (рис.3) оптимальная сила тока, соответствующая максимуму графика, снижается с увеличением скорости. Снижается и выигрыш в стойкости. Если при  $V = 35$  м/мин и  $J = 150$  а стойкость повышается в сопоставлении с "холодной" обработкой в 2,4 раза, то при  $V = 45$  м/мин и  $J = 50$  а - только в 1,6 раза. Аналогичное влияние скорости на оптимальную силу тока и стойкость отметил М.Н.Ларин [2] при точении стали РЭ1, а также А.В. Пахомов [5] при точении закаленной стали ОХНЭМ.

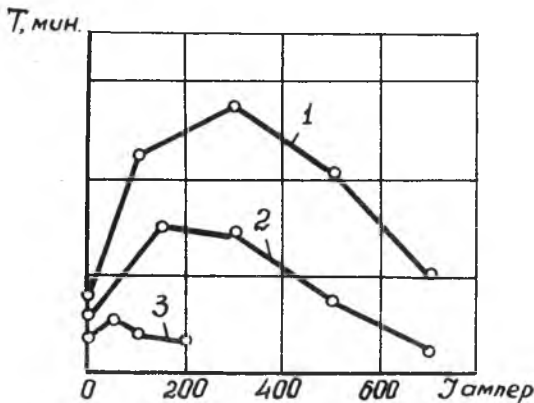


Рис. 3 Зависимость стойкости от силы подводимого тока и скорости резания при точении сплава ВТ20. Геометрия реза:  $\gamma = -5^\circ$ ;  $\alpha = 10^\circ$ ;  $\varphi = 30^\circ$ ;  $\varphi_1 = 15^\circ$ ;  $\lambda = 7^\circ$ ;  $h_3 = 0,5$  мм. Режим резания:  $S = 0,4$  мм/об;  $t = 3$  мм. I -  $V = 30$ ; 2 -  $V = 35$ ; 3 -  $V = 45$  м/мин

Влияние глубины резания на оптимальную силу тока и стойкость зависит от уровня глубин. С увеличением глубины резания в интервале  $t = 1 + 4$  мм было отмечено некоторое повышение оптимальной силы тока и коэффициента увеличения стойкости.

По результатам стойкостных исследований с электроконтактным подогревом при точении сплава BT20 выведена формула для расчета скорости резания при некоторой оптимальной силе тока

$$V = \frac{130}{T^{0,29} \cdot S^{0,57} \cdot t^{0,36}} \quad (1)$$

Оптимальная сила тока определяется по формуле

$$J_{\text{опт.}} = \frac{208 \cdot 10^7 \cdot S^{1,6} \cdot t^{0,7}}{V^{4,5}} \quad (2)$$

Из сопоставления формулы (1) с формулой скорости резания, полученной при "холодной" обработке этого же сплава

$$V = \frac{145}{T^{0,44} \cdot S^{0,85} \cdot t^{0,56}} \quad (3)$$

видно, что при точении с электроконтактным подогревом влияние стойкости, подачи и глубины резания на скорость резания уменьшается.

В таблице I приведены скорости резания, рассчитанные по формулам (1) и (3) при стойкости  $T = 60$  мин, и дано их сопоставление.

Таблица I

t, мм	S, мм/об	J опт.	V, м/мин	
			J = J опт, а	J = 0, а
3	0,5	93	40	23
5	0,5	310	33	17
3	0,4	40	44	28
5	0,4	130	37	20

Из таблицы I и представленных на рис. 1 + 3 графиков можно видеть, что для различных титановых сплавов как при точении, так и при отрезке с применением электроконтактного подогрева достигается повышение стойкости в 2+5 раз, а при той же стойкости - повышение скорости резания более чем в 1,5 раза.

Исследование по отрезке титановых сплавов твердосплавными пилами проводилось на токарном станке. При этом разрезаемые

прутки диаметром 120+130 мм закреплялись в специальном приспособлении на поперечных салазках, а пила - на оправке в шпинделе станка.

В качестве режущих инструментов использовались твердосплавные дисковые пилы, усовершенствованной конструкции [6], оснащенные пластинками из сплава ВК8. Дисковые пилы такой конструкции не имеют прорезающих и подчищающих зубьев, как это принято для стандартных пил. Режущие зубья одинаковы по форме и размерам. Форма зуба трехкромочная с тремя главными режущими кромками: поперечной  $\delta_1 = \left( \frac{1}{2} + \frac{1}{5} \right) \delta$  и двумя боковыми с углом  $\psi = 135^\circ$ . Влияние силы тока на стойкость пил показано на рис. 4 (график 1). Оптимальное значение силы подводимого тока соответствует величине  $J = 100$  ампер, при этом стойкость в сопоставлении с обработкой без тока увеличивается в 1,6 раза.

Аналогичный характер влияния силы подводимого тока на стойкость получен и при обработке титанового сплава ТС-5, резка которого производилась твердосплавными пилами ВК8 стандартной заточки с прорезающими и подчищающими зубьями. На режиме резания  $V = 35$  м/мин;  $S_2 = 0,02$  мм/зуб;  $\delta = 8$  мм при силе подводимого тока  $J = 60$  а достигнуто повышение стойкости в 2,2 раза (график 2).

Высказанные в литературе соображения [3,4,5] о природе процесса резания с электроконтактным подогревом не дают полного объяснения всем рассмотренным особенностям влияния тока на стойкость с изменением режимов резания. По-видимому, выделяющаяся при прохождении электрического тока через срезаемый слой теплота влияет не только на образование текущего слоя [3] и окисление контактных поверхностей [4], но и на снижение прочностных свойств инструмента и обрабатываемого материала. Результирующее влияние этих факторов на износ инструмента и определяет его стойкость. Повышение стойкости при подводе тока следует связывать как с появлением текущего слоя, так с некоторым снижением прочностных характеристик обрабатываемого материала. Падение стойкости, наблюдаемое при обработке на высоких скоростях резания, а также при большой силе подводимого тока, может быть объяснено снижением прочностных характеристик инструмента в результате дополнительного нагрева.

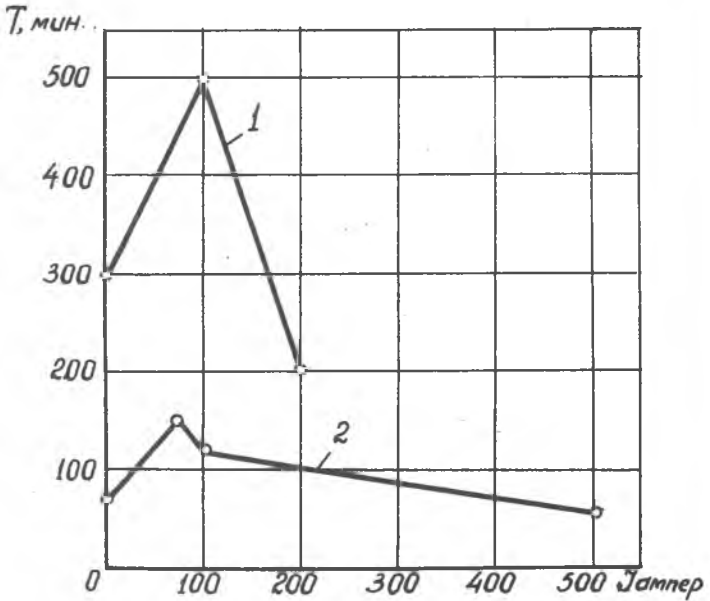


Рис. 4. Зависимость стойкости твердосплавных пил от силы подводимого тока. 1. ВТ-9.  $V = 30$  м/мин;  $S_z = 0,02$  мм/зуб;  $b = 8$  мм.

Твердосплавная пила ВК8, диаметром 330 мм;  $Z = 16$ ;  $h_s = 0,45$  мм;  $\gamma = 5^\circ$ ;  $\alpha = 20^\circ$ ;  $\psi = 135^\circ$ ;  $\psi_1 = 2^\circ$ ;  $b_1 = 2,6$  мм.

2. ТС-5.  $V = 35$  м/мин;  $S_z = 0,02$  мм/зуб;  $b = 8$  мм.

Твердосплавная пила ВК8, диаметром 330 мм;  $Z = 16$ ;  $h_s = 0,45$  мм;  $\gamma = 5^\circ$ ;  $\alpha = 20^\circ$ ;  $\psi = 135^\circ$  и  $90^\circ$  (через зуб);  $\psi_1 = 2^\circ$ ;  $b_1 = 2,6$  мм.

Литература

1. Зыкин А.С., Уюмирская Л.А. Обрабатываемость титановых сплавов с электроконтактным подогревом. Труды КуАИ, вып. 43. Куйбышев, 1970.
2. Ларин М.Н., Маслов А.А. Исследование метода обработки закаленных сталей путем ввода в зону резания трансформированного тока. Сб. "Новые исследования в области обработки резанием металлов и пластмасс" № 4, Москва, 1952.
3. Ларин М.Н., Маслов А.А., Силантьев А.В., Игнатов Б.А. О производительном резании закаленных сталей путем электроконтактного подогрева. Сб. "Новые методы электрической обработки металлов", Москва, 1955.
4. Кустов А.А. Применение электрического тока при чистовом точении в приборостроении. Машиз, Москва, 1957.
5. Пахомов А.В. Исследование влияния электрического тока, вводимого в зону резания, и охлаждения распыленной струей жидкости на стойкость твердосплавных резов. Канд. диссертация, МВТУ, Москва, 1954.
6. Зыкин А.С., Троицкий Н.А. Резка титановых сплавов дисковыми твердосплавными пилами. Труды КуАИ, вып. 43, Куйбышев, 1970.