

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ РЕЗАНИЕМ

М.Ф.Полетика, А.Л.Собанин, В.Н.Кужларов

### ИССЛЕДОВАНИЕ КОНТАКТНЫХ ПРОЦЕССОВ НА ЗАДНЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ИНСТРУМЕНТА ПРИ РЕЗАНИИ ТИТАНОВОГО СПЛАВА

Как следует из многочисленных наблюдений и специальных исследований (например, [1]), при обработке резанием титановых сплавов чрезвычайно быстро прогрессирует износ по задней поверхности и по лезвию инструмента. Поэтому форма режущей части инструмента, которую он сохраняет в течение периода постепенного (нормального) износа и которая определяет распределение нагрузок на контактных поверхностях к моменту затупления инструмента, характеризуется наличием значительного скругления режущей кромки.

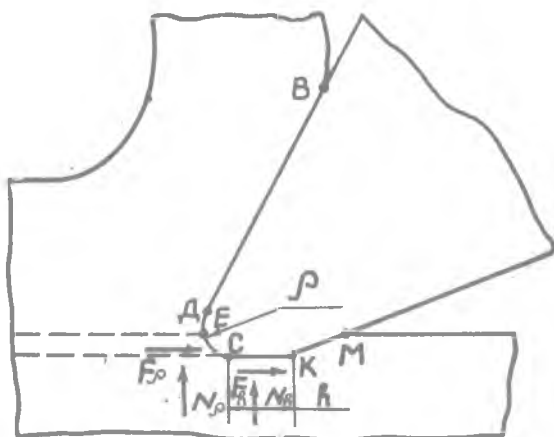


Рис.1. Схема сил, действующих на заднюю поверхность реза при прямоугольном свободном резании

Обратимся к рис. 1, на котором представлена схема контактных участков задней поверхности резца и приложенных к ним сил. Таких участков три: радиусный участок ИС, плоский участок СК (фаска износа) и третий участок КМ, принадлежащий задней поверхности, образованной при заточке инструментов. Обозначим через  $F_p$  и  $N_p$  составляющие силы на радиусном участке ЕС; через  $F_h$  и  $N_h$  - составляющие силы на фаске износа СК, через  $F_\alpha$  и  $N_\alpha$  - составляющие силы на плоском участке КМ. Суммируя эти составляющие, получим общие силы, действующие на заднюю поверхность,

$$F_1 = F_p + F_h + F_\alpha \quad \text{и} \quad N_1 = N_p + N_h + N_\alpha \quad (I)$$

Для раздельного определения составляющих сил на контактных участках задней поверхности воспользуемся методикой, изложенной в работе [2] и заключающейся в следующем:

компоненты  $F_\alpha$  и  $N_\alpha$  (наименьшие среди остальных) исключаются из рассмотрения, для чего опыты проводятся с резцом, имеющим большой задний угол, или специальную выточку на задней поверхности;

общие силы  $F_1$  и  $N_1$  определяются методом экстраполяции зависимостей  $P_z(\alpha)$ ,  $P_{xy}(\alpha)$  на нулевую толщину среза  $\alpha = 0$ ;

составляющие  $F_h$  и  $N_h$  определяются методом экстраполяции зависимостей  $P_z(h_3)$ ,  $P_{xy}(h_3)$  на нулевую фаску износа  $h_3 = 0$ , который основывается на пропорциональном изменении сил  $F_1$  и  $N_1$  с изменением фаски износа;

силы  $F_p$  и  $N_p$  находятся расчетом из выражения (I).

Для определения составляющих  $P_z$  и  $P_{xy}$  силы резания нами был использован двухкомпонентный динамометр [3], оснащенный двумя ленточными самописцами ЭПП-09-М2.

Одновременно с измерением сил  $P_z$  и  $P_{xy}$  определялась величина деформации восстановления поверхности после прохождения резца. Для этого был сконструирован специальный прибор, схема которого изображена на рис. 2, а принцип работы заключается в следующем. В процессе резания рычагом 2, соединенным с индуктивным датчиком 1, сначала фиксируется положение вершины резца 3. Затем в тех же точках фиксируется положение подружнинного щупа 4, скользящего по обработанной поверхности. Деформация восстановления  $\Delta$  определяется как разность показаний положения щупа и резца.

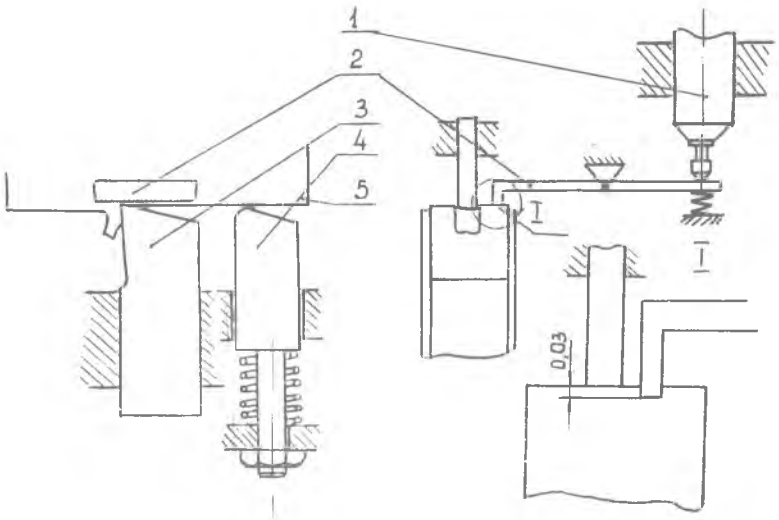


Рис.2. Схема прибора для измерения восстановления поверхностного слоя после прохождения реза

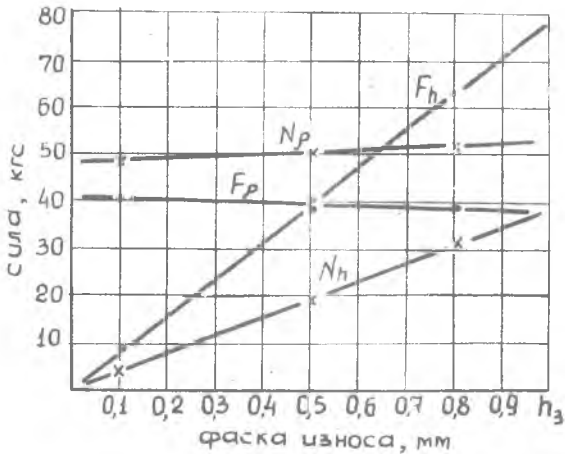


Рис.3. Зависимость сил на различных участках задней поверхности от величины фаски износа, при толщине среза  $a = 0,25$  мм, радиусе скругления  $\rho = 0,03$  мм, скорости резания  $V = 1180$  мм/мин, материал ВТ1-0.  $F_p$ ,  $N_p$  - силы на радиусном участке,  $F_h$ ,  $N_h$  - силы на фаске износа

Результаты опытов по определению сил представлены на рис. 3, из которого следует, что силы на радиусном участке не зависят от величины фаски износа и при малых фасках являются основными компонентами сил  $F_t$  и  $N_t$  на задней поверхности. Силы  $F_h$  и  $N_h$  на фаске растут пропорционально ее ширине. Поэтому с увеличением фаски износа доля сил  $N_h, F_h$  и соответственно  $N_\alpha, F_\alpha$  в общих силах  $N_t$  и  $F_t$  примерно выравнивается. По данным, представленным на рис. 3, были подсчитаны контактные напряжения на фаске износа задней поверхности, а также условные удельные силы на радиусном участке. Для определения последних мы предположили, что равнодействующая  $R_p$  сил  $F_p$  и  $N_p$  направлена по нормали к цилиндрической поверхности радиусного участка и приложена посередине контактной площадки ЕС (рис.4).

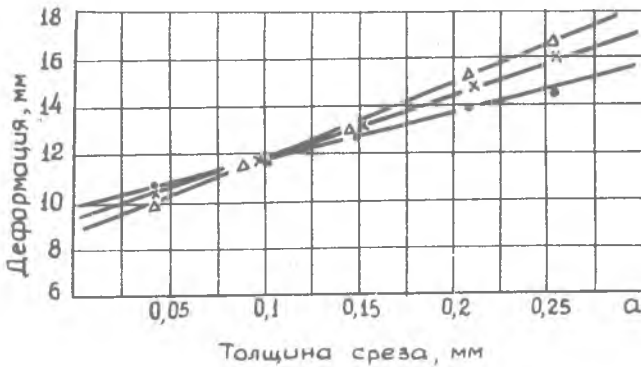


Рис.4. Схема определения величины равнодействующей сил на радиусном участке задней поверхности

Условная удельная сила  $q_p$  при этом рассчитывается как частное от деления равнодействующей  $R_p$  на условную площадь контакта  $\phi = B \cdot EC$ , где  $B$  - ширина среза. Результаты подсчетов приведены в табл. I.

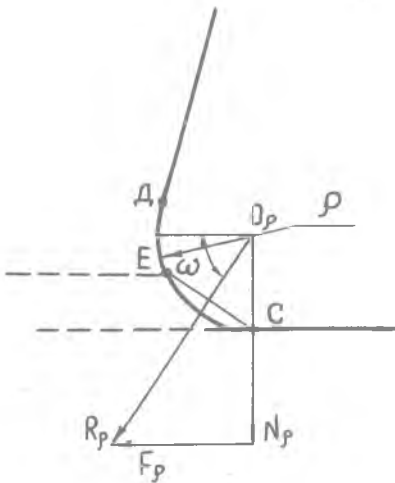
Из этой таблицы видно, что условное контактное давление  $q_p$  на радиусном участке достигает чрезвычайно высоких значений: 400 и более кгс/мм<sup>2</sup>. Если это не приводит к немедленному разрушению режущей кромки, то лишь потому, что в ее окрестности создается напряженное состояние с большой долей гидростатического сжатия и малой величиной девиатора напряжений.

Таблица I

Титановый сплав ВТИ-0						
$h$	$\rho$	$q_{nh}$	$q_{fh}$	$\omega_p$	$f_p$	$q_p$
мм	мм	кгс/мм <sup>2</sup>	кгс/мм <sup>2</sup>	град.	мм <sup>2</sup>	кгс/мм <sup>2</sup>
0,1	0,03	10	22,4	49 <sup>0</sup> 40	0,0389	400
0,5	0,03	9,8	19,5	52 <sup>0</sup> 22	0,0367	435
0,8	0,03	10	20	53 <sup>0</sup>	0,0361	443

Латунь Л62						
$h$	$\rho$	$q_{nh}$	$q_{fh}$	$\omega_p$	$f_p$	$q_p$
мм	мм	кгс/мм <sup>2</sup>	кгс/мм <sup>2</sup>	град.	мм <sup>2</sup>	кгс/мм <sup>2</sup>
0,4	0,03	6,3	11,0	43,6	0,148	288



Аналогичные измерения составляющих  $F_p, N_p$ , выполненные при свободном строгании латуни Л62, показали, что условное контактное давление  $q_p$  с уменьшением радиуса  $\rho$  скругления режущей кромки существенно повышается. По-видимому, то же самое имеет место и для титанового сплава, но значения  $q_p$  для только что заточенного резца здесь столь велики, что немедленно приводят к смятию режущей кромки. Из наших наблюдений следует что первоначальный радиус скругления, имеющий после заточки резца величину 0,01 мм, при врезании быстро увеличивается, стабилизируясь при величине 0,03 мм, для которой и проведены все расчеты.

Рис. 5. Зависимость величины восстановления поверхностного слоя от толщины срезаемого слоя при  $V=1180$  мм/мин, материал ВТИ-0,  $\Delta - h_3=0,1$  мм,  $X - h_3=0,5$  мм/,  $\bullet - h_3=0,8$  мм

Результаты измерения деформации восстановления поверхностного слоя приведены на рис. 5. Эта деформация возрастает с увеличением толщины срезаемого слоя и практически не зависит от величины фаски

износа. Остаточная (пластическая) составляющая деформации, обнаруженная нами при резании латуни, в данном случае отсутствует, а имеет место деформация восстановления, упругая и линейно связанная с силой  $P_y$ .

### Л и т е р а т у р а

1. А ф о н а с о в А.И. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. ТПИ.
2. П о л е т и к а М.Ф., В л а с о в П.В. "К вопросу об определении сил на задней грани резца" Сборник докладов III научно-технической конференции ТПИ. 1971.
3. К р а с и л ь н и к о в В.А., П о л е т и к а М.Ф. Применение полупроводниковых тензорезисторов в приборах для измерения сил резания. Известия ТПИ, том 225, 1972.

В.И.Лепилин

### О ЕСТЕСТВЕННОМ ЗАВИВАНИИ СТРУЖКИ

Многими исследователями установлено [1,2,3], что при образовании каждого элемента стружки сжатие металла, лежащего за поверхностью скалывания  $A_0B_0$  (рис.1) и частично уже подвергшегося некоторой деформации, начинается в точке  $B_0$  одновременно с началом сдвига ранее сформированного элемента.

Тщательное изучение кадров скоростной микрокиносъемки процесса образования элемента стружки со всей очевидностью показывает, что в начальный момент металл около точки  $B_0$ , приходя в контакт с передней поверхностью резца под действием сил трения, на мгновение затормаживается, а в следующее мгновение уже оказывается блокированным в этом (т.е. в заторможенном) положении пластически деформируемым объемом металла, имеющим клинообразную форму с углом  $\beta_1$ , и превращается таким образом в застойную зону. По мере перемещения резца и вовлечения в пластическую деформацию все большего и большего объема металла (в связи с его клинообразной формой) растет и объем застойной зоны, достигая значительной величины к моменту окончания формирования элемента.