

ЗАВИСИМОСТЬ СИЛ РЕЗАНИЯ ОТ ИЗНОСА ИНСТРУМЕНТА

Г. Л. КУФАРЕВ, А. А. КОЗЛОВ

(Представлена научным семинаром кафедр станков и резания металлов
и технологии машиностроения)

Установлено, что в общем случае на инструмент действуют две группы сил — силы на передней и задних поверхностях. Силы на передней поверхности для данного обрабатываемого материала и постоянной геометрии инструмента определяются прежде всего размерами поперечного сечения срезаемого слоя и степенью его пластической деформации. Силы на задних поверхностях являются силами упруго-пластического контакта задней поверхности инструмента с поверхностью резания и определяются главным образом условиями этого контакта и его размерами.

Как показали наблюдения, торцовые фрезы при обработке цветных металлов изнашиваются в основном по задним поверхностям. С увеличением износа возрастает площадь контакта между задней поверхностью инструмента и поверхностью резания и, следовательно, возрастают и силы на задних поверхностях. Изменяются ли при этом силы на передней поверхности?

Поскольку эти силы при постоянном сечении срезаемого слоя определяются степенью его деформации, то следовало выяснить, изменяется ли степень деформации срезаемого слоя при износе инструмента. С этой целью были проведены специальные опыты. В качестве обрабатываемых материалов были приняты: латунь Л62, бронза БрАЖ9-4 и дюралюминий Д1. В процессе опытов измерялись усадка стружки ξ , окружная сила P , сила подачи P_s и температура резания T .

Скорость резания и подача изменялись в пределах $V=9 \div 970$ м/мин, $S_z=0,02 \div 0,503$ мм/зуб. Глубина фрезерования оставалась постоянной и равной $t=3$ мм.

Опыты проводились на вертикально-фрезерном станке 6Н13П торцовыми фрезами, оснащенными ножами из твердого сплава ВК8 с постоянной геометрией: передний угол $\gamma=+10^\circ$; задний угол $\alpha=10^\circ$; угол в плане $\varphi=90^\circ$. Обработка результатов экспериментов показала, что при фрезеровании дюралюминия зависимости $\xi=f(v)$ по мере увеличения износа, не изменяя своих экстремальных значений, смещаются в область более низких скоростей резания. Вызвано это тем, что с увеличением износа температура резания за счет дополнительных источников тепла со стороны задних поверхностей при постоянной скорости резания повышается, что приводит к исчезновению нароста при тем меньших скоростях резания, чем больше величина износа и, следовательно, к соответствующему смещению кривых $\xi=f(v)$.

Если все экспериментальные точки усадки для различных степеней износа нанести на график с координатами усадка-температура, то они надежно ложатся на одну кривую.

При фрезеровании латуни и бронзы усадка стружки по мере увеличения износа инструмента падает. Объяснить падение усадки только ростом температуры (как это сделано для дюралюминия) нельзя, так как даже при условии постоянной температуры (рис. 1) усадка оказывается тем меньше, чем больше износ инструмента.

Говорить о влиянии температуры на усадку при фрезеровании бронзы тем более нельзя, так как для нее усадка стружки от температуры резания практически не зависит (рис. 1).

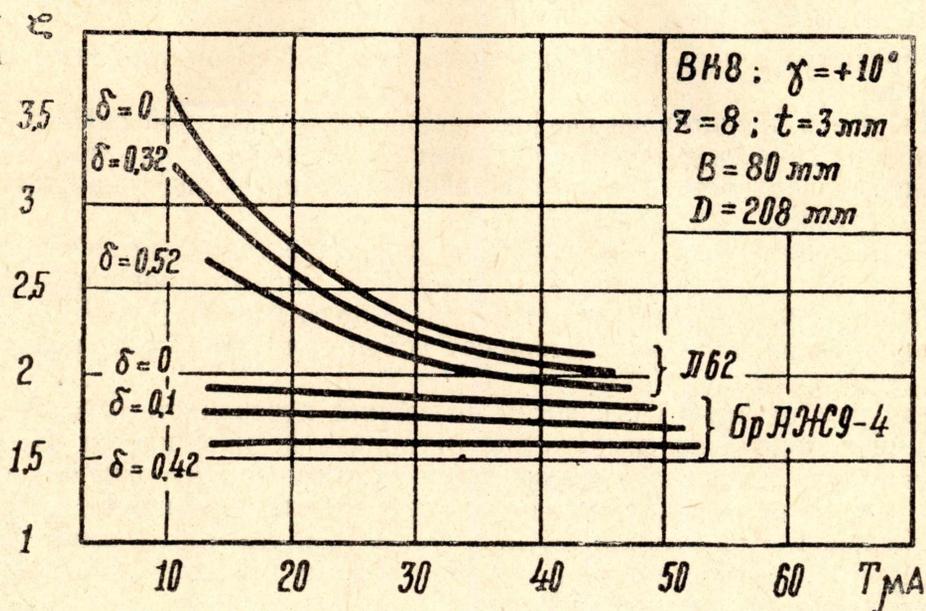


Рис. 1

Основной причиной, приводящей к уменьшению усадки стружки при фрезеровании латуни и бронзы затупленным инструментом, является, по нашему мнению, значительная пластическая деформация, которой подвергаются слои металла, расположенные как под обработанной поверхностью, так и под поверхностью резания, т. е. наклеп поверхностного слоя.

Специально проведенные опыты показали, что с увеличением износа инструмента основные характеристики наклепа растут [1], а поскольку с увеличением наклепа пластические свойства снижаются, то, следовательно, с увеличением износа усадка стружки должна уменьшаться.

Для проверки данного положения нами были проведены опыты по исследованию влияния наклепа на усадку стружки при свободном строгании латуни Л62 с различными степенями предварительного наклепа обрабатываемой поверхности. Чтобы избежать влияния на усадку стружки температуры резания, опыты проводились при скорости $v = 98 \text{ мм/мин}$.

Анализ полученных результатов показал, что с увеличением степени и глубины наклепа усадка стружки уменьшается. Поскольку температура резания при проведении всех опытов оставалась примерно постоянной и близкой к комнатной, то падение усадки может быть

вызвано только снижением пластичности поверхностного слоя за счет его наклепа.

Помимо указанных факторов, на усадку стружки влияет и радиус скругления режущей кромки зуба фрезы, увеличивающийся по мере ее износа. Увеличение радиуса скругления приводит, с одной стороны, к уменьшению действительного переднего угла и, следовательно, к увеличению усадки, а с другой стороны, к возрастанию основных характеристик наклепа и, следовательно, к снижению усадки. В итоге усадка будет изменяться в зависимости от того, какой из этих параметров преобладает.

В общем случае усадка стружки при резании инструментом с износом по задней грани будет определяться совместным влиянием указанных выше факторов.

Обратимся теперь к силам резания при работе затупленным инструментом.

На рис. 2 представлен график зависимости окружной силы и силы подачи при обработке латуни фрезами с различной величиной износа по задней поверхности. Построение выполнено при условии постоянной усадки стружки.

Из рисунка видно, что при фрезеровании острой фрезой ($\delta = 0$) окружная сила и сила подачи изменяются прямо пропорционально увеличению подачи. Отрезки, отсекаемые прямыми $P, P_s = f(S_z)$ на оси ординат при $\delta = 0$, представляют собой силы на задних поверхностях острой фрезы.

При работе фрезой с износом по задним поверхностям $\delta = 0,09$ мм пропорциональная зависимость сил от подачи не нарушается. Прямые $P, P_s = f(S_z)$ для острой фрезы и фрезы с износом $\delta = 0,09$ мм, оставаясь параллельными, отсекают на оси ординат различные отрезки. Параллельность прямых свидетельствует о том, что малый износ фрезы по задним поверхностям не изменяет сил на передней поверхности во всем диапазоне изменения подач.

Различные отрезки, отсекаемые прямыми $P, P_s = f(S_z)$, для острой фрезы и фрезы с первой стадией износа на оси ординат показывают, что с появлением износа силы на задних поверхностях увеличиваются.

При дальнейшем увеличении износа пропорциональная зависимость силы от подачи выдерживается уже не для всех подач. Точки, соответствующие малым подачам, располагаются выше прямой $P, P_s = f(S_z)$, проведенной по экспериментальным точкам, соответствующим средним и большим подачам, причем по мере увеличения износа растет как значение подачи, при которой уже начинается отклонение от пропорциональной зависимости $P, P_s = f(S_z)$, так и абсолютное смещение экспериментальных точек от прямой $P, P_s = f(S_z)$, и это смещение оказывается тем больше, чем больше величина износа по задним поверхностям и меньше подача.

При фрезеровании бронзы БрАЖ9-4 подобное явление носит еще более ярко выраженный характер, а при фрезеровании дюралюминия заметного отклонения от пропорционального изменения сил резания от подачи для всех степеней износа не обнаружено. Подобная аномалия зависимости сил резания от подачи при фрезеровании затупленным инструментом на малых подачах объясняется влиянием радиуса скругления режущих кромок, величина которого растет по мере увеличения износа инструмента. Увеличение радиуса скругления режущих кромок приводит к тому, что при работе с малыми подачами, т. е. с малыми толщинами срезаемого слоя, действительный передний угол становится настолько малым, что процесс резания практически пре-

кращается. Опыты показывают, что в этом случае металл из зоны резания удаляется не в виде стружки, а, подвергаясь большой пластической деформации, выдавливается в сторону обрабатываемой поверхности, образуя на ней своеобразный «наплыв».

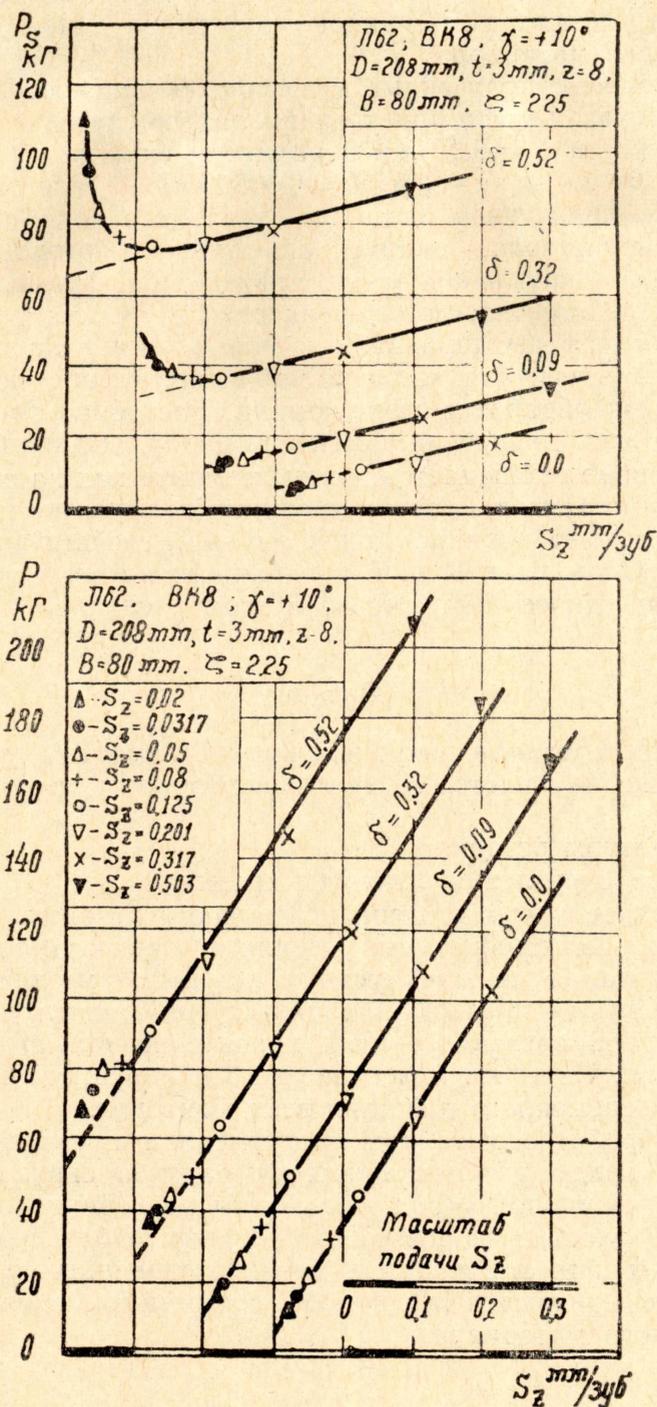


Рис. 2

Процесс выдавливания металла из зоны резания приводит к резкому увеличению сил резания, особенно силы подачи P_s .

С увеличением подачи действительный средний передний угол становится большим и процесс выдавливания постепенно переходит

к нормальному стружкообразованию, что приводит к уменьшению силы подачи. При дальнейшем увеличении подачи окружная сила P и сила подачи P_s растут пропорционально росту подачи.

Переход от выдавливания к нормальному процессу стружкообразования объясняется образованием перед вершиной зуба фрезы застойной зоны, область существования которой определяется, для исследованных металлов, толщиной срезаемого слоя и свойствами обрабатываемого материала.

Корни стружек, полученные с помощью приспособления «падающий резец», показали, что при точении латуни резцом с износом по задней поверхности $\delta = 0,32$ мм и радиусом скругления режущих кромок $\rho = 50 \div 60$ мк с подачей $S = 0,035$ мм/об застойная зона не образуется. С увеличением толщины срезаемого слоя появляется стабильная застойная зона, радиус скругления которой значительно меньше радиуса скругления затупленного зуба фрезы, что приводит к увеличению действительного переднего угла и, как результат, к переходу от процесса выдавливания к нормальному процессу стружкообразования. Аналогичная картина наблюдается при обработке бронзы БрАЖ-4. При обработке дюралюминия застойная зона оказывается стабильной во всем диапазоне изменения подач, выдавливания металла из зоны резания не наблюдается и силы резания как на остром, так и на затупленном инструменте растут пропорционально росту подачи, причем износ оказывает влияние только на силы, действующие на задних поверхностях. Силы на передней поверхности во всем диапазоне изменения подач от износа инструмента в этом случае практически не зависят.

Выводы

1. При фрезеровании затупленным инструментом усадка стружки в общем случае изменяется за счет переменности трех основных факторов:

- а) температуры резания;
- б) радиуса скругления режущих кромок;
- в) предварительного наклепа поверхности резания.

2. Повышение температуры резания и предварительного наклепа поверхности резания снижает усадку стружки; увеличение радиуса скругления режущей кромки увеличивает ее. Снижение усадки с увеличением наклепа срезаемого слоя характерно только для упрочняющихся металлов. Итоговое изменение усадки стружки определяется как результат одновременного действия всех факторов.

3. При обработке металлов инструментом с износом по задним поверхностям ввиду увеличивающегося радиуса скругления режущей кромки перед вершиной резца образуется застойная зона, принимающая активное участие в процессе резания. Область существования застойной зоны и ее стабильность для исследованных обрабатываемых материалов определяются толщиной срезаемого слоя и свойствами обрабатываемого материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Г. Л. Куфарев, А. А. Козлов. Обрабатываемость цветных металлов при торцовом фрезеровании. Вестник машиностроения, № 3, 1965.