

$$T = \frac{C_T}{V^x \cdot S^y}$$

достижимое снижение машинного времени обработки за счет сохранения постоянства скорости резания взамен точения с $\pi = \text{const}$ составляет 33%.

Сравнение времени обработки следует производить для предельных скоростей резания, при которых на каждой данной площади обработки размерная стойкость резца используется полностью.

Режимы резания, назначаемые из условия равенства периода размерной стойкости времени обработки каждой данной поверхности, являются наиболее производительными как для точения с $V = \text{const}$, так и для $\pi = \text{const}$

В заключение отметим, что полученные выводы не распространяются на материалы, имеющие на диаграмме стойкости $T(V)$ экстремальные зоны в области рабочих скоростей резания.

Литература

1. Малов А.Н. Справочник технолога-машиностроителя, т.2, "Машиностроение", Москва, 1972.

УДК 621.914.01

А.Н.Волков, Г.Т.Авдонин,
И.П.Бабордин, В.Н.Минеев

ИССЛЕДОВАНИЕ СТОЙКОСТНЫХ И СИЛОВЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ПРИ ФРЕЗЕРОВАНИИ СТАЛИ КВК 32 НА СТАНКАХ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

В производство широко внедряются операции обработки деталей на станках с программным управлением, обладающих высокой производительностью. При составлении программы обработки требует-

ся быстро найти по заданной стойкости режущего инструмента и параметрам режима резания наибольшую допустимую подачу. Для определения запаса прочности инструмента необходимо знать действующие на фрезу силы резания.

Исследование проводилось при обработке стали КВК32 в закаленном ($\sigma_g \geq 170 \text{ кг/мм}^2$) и отожженном ($\sigma_g = 120 \text{ кг/мм}^2$) состоянии дисковыми, концевыми и спиральными цилиндрическими фрезами на станках с программным управлением 6НЦЗГЭ-2, 6МЦЗГНЦ и ФП7.

Влияние переднего угла γ на стойкость инструмента исследовалось при фрезеровании стали КВК32 в отожженном состоянии дисковыми пазовыми фрезами с напайными пластинками твердого сплава марки Т15К6. Основные параметры режима резания и геометрии инструмента в этой серии опытов были следующие: $\varnothing_{\text{фр}} = 130 \text{ мм}$; $B = 5 \text{ мм}$; $t = 15 \text{ мм}$; $S_z = 0,03 \text{ мм/зуб}$; $V = 120 \text{ м/мин}$; $z = 12$; $\alpha = 15^\circ$; $\alpha_1 = 2^\circ$; $\psi_1 = 1^\circ 30'$; $\omega = 2^\circ$.

Из приведенных на рис.1 графиков видно, что наибольшая стойкость фрез соответствует углу $\gamma = -10^\circ$. Снижение стойкости с увеличением переднего угла объясняется уменьшением угла заострения, снижением прочности режущего лезвия и его выкрашиванием. При $\gamma = -15^\circ$ значительно возрастают силы и температура резания, стружка налипает на переднюю поверхность зубьев и стойкость инструмента падает.

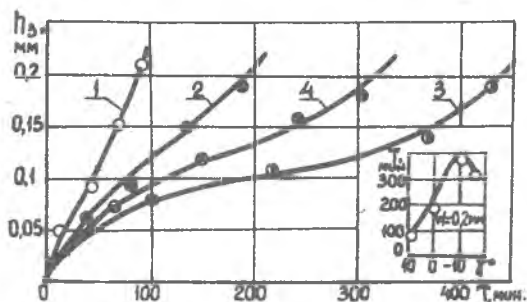


Рис. 1. Кривые износа дисковых пазовых фрез с различными передними углами при обработке стали КВК32 в отожженном состоянии: 1 - $\gamma = 10^\circ$; 2 - $\gamma = 0^\circ$; 3 - $\gamma = -10^\circ$; 4 - $\gamma = -15^\circ$

Большое влияние на стойкость оказывает биение зубьев, вследствие неточности установки фрез, его величина составляет $\delta = 0,03 + 0,15$ мм. Кривые износа фрез при различном биении зубьев представлены на рис.2. В этой серии опытов $\chi = -10^\circ$, остальные параметры геометрии инструмента и режима резания были те же, что и в опытах по исследованию влияния переднего угла.

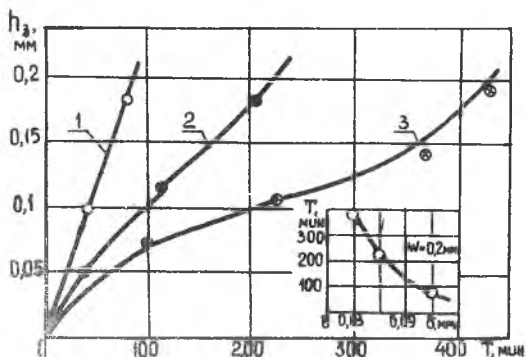


Рис.2. Влияние биения зубьев на износ дисковых пазовых фрез, оснащенных твердым сплавом Т15К6, при обработке отожженной стали КВК32: 1 - для $\delta = 0,12$ мм; 2 - для $\delta = 0,06$ мм; 3 - для $\delta = 0,03$ мм

Из приведенных графиков видно, что с увеличением биения зубьев фрезы от 0,03 до 0,12 мм стойкость инструмента снизилась с 430 до 83 мин, то есть почти в 5 раз. Это объясняется тем, что биение зубьев вызывает пропорциональное увеличение подачи на отдельных зубьях фрезы. По формуле проф. Костюкова [1] $\Delta S_{z \max} = \lambda_s \cdot \delta \cdot \sqrt{\frac{20}{t}}$, где λ_s - коэффициент, зависящий от числа зубьев фрезы. В связи с этим во всех дальнейших опытах биение зубьев фрезы перед началом работы проверялось и не превышало 0,03 мм.

Исследование влияния на стойкость инструмента ширины фрезерования при работе концевыми и спиральными цилиндрическими фрезами показало, что с увеличением ширины стойкость инструмента падает. Однако, при наступлении равномерного фрезерования, когда величина B кратна t_{oc} , стойкость значительно возра-

стает, что обусловлено снижением колебаний сил резания и вибраций.

Это подтверждается данными, представленными на рис. 3 и полученными при фрезеровании стали КВК32 в отожженном состоянии концевыми фрезами.

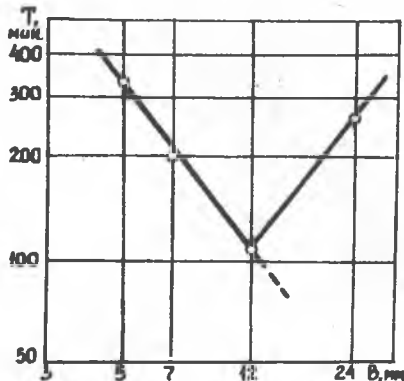


Рис. 3. Влияние ширины фрезерования на стойкость концевых фрез из стали P18 при обработке стали КВК32 в отожженном состоянии ($\Delta\varphi = 15^\circ$; $Z = 4$; $\omega = 30^\circ$; $V = 9,5$ м/мин; $t = 1$ мм; $S_z = 0,02$ мм/зуб $\gamma = 5^\circ$; $\alpha = 15^\circ$)

На основании проведенных стойкостных исследований были построены графики износа фрез и получены зависимости стойкости инструментов от параметров режима резания. За критерий притупления принимался износ по задней поверхности $W = 0,2$ мм при обработке закаленной стали КВК32 дисковыми фрезами, оснащенными пластинками твердого сплава Т15К6, и $W = 0,5$ мм при обработке стали КВК32 в отожженном состоянии спиральными цилиндрическими фрезами из P18.

Обобщенная формула стойкости дисковых фрез с пластинками из Т15К6 при работе по закаленной стали КВК32 имеет вид:

$$T = \frac{128 \cdot 10^6}{V^{3,8} \cdot S_z^{2,3} \cdot t^{1,7}}$$

При этом параметры режима резания изменялись в следующих пределах: $V = 70-200$ м/мин; $t = 3 - 15$ мм; $S_z = 0,015-0,06$ мм/зуб.

Приведенная формула может быть использована для расчета допустимой подачи на зуб

$$S_z = \frac{3320}{T^{0,435} \cdot V^{1,65} \cdot t^{0,74}}$$

Соответствующая формула для минутной подачи имеет вид

$$S_{\text{мин}} = \frac{3320 \cdot Z \cdot n}{T^{0,435} \cdot V^{1,65} \cdot t^{0,74}}$$

Номограмма, построенная по этой формуле в логарифмических координатах с учетом масштабности в виде показателей степеней, приведена на рис.4. Определение минутной подачи $S_{\text{мин}}$ по номограмме производится в порядке, указанном стрелками. Для этого задаются стойкостью фрезы T и скоростью резания V .

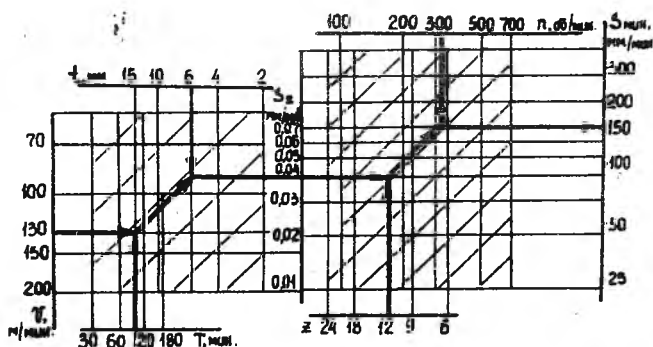


Рис.4. Номограмма для определения максимальной допустимой минутной подачи при обработке закаленной стали КВК32 дисковыми фрезами, оснащенными твердым сплавом марки Т15К6

Простое и быстрое нахождение минутной подачи по номограмме значительно облегчает задачу составления программы обработки в производстве.

Аналогично была построена номограмма для определения минутной подачи при обработке стали КВК32 в отожженном состоянии спиральными цилиндрическими фрезами из стали Р18 (рис.5).

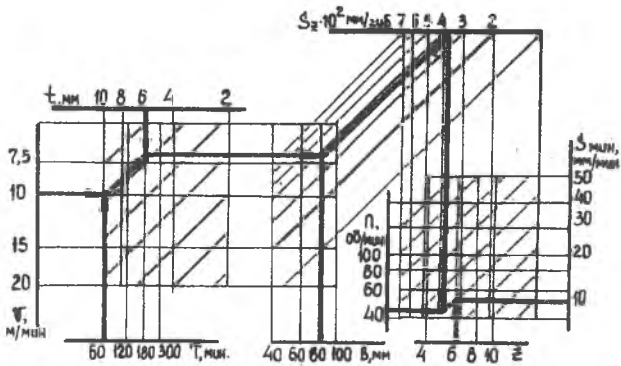


Рис.5. Номограмма для определения максимальной допустимой минутной подачи при обработке отожженной стали КVK32 спиральными цилиндрическими фрезами из стали P18

$$S_{мин} = \frac{13000 z \cdot n}{T^{0,51} \cdot \sqrt{1,8 \cdot t^{1,1} \cdot V^{1,0}}}$$

Основные параметры инструмента и режимов резания были при этом следующие: $D_{фр} = 75$ мм; длина фрезы $L = 125$ мм; диаметр под оправку $d = 32$ мм; угол спирали зубьев $\omega = 35^\circ$; число зубьев $z = 6$; $\gamma = 15^\circ$; $\alpha = 15^\circ$; $V = 10 + 25$ м/мин; $B = 20 + 100$ мм; $t = 2-10$ мм; $S_z = 0,015 - 0,07$ мм/зуб.

При работе на станках с программным управлением весьма важным является знание сил резания, по которым можно определить запас прочности режущего инструмента. Для проведения силовых исследований была применена динамометрическая аппаратура [2], электрическая часть которой модернизирована таким образом, что позволяет производить регистрацию сил резания с экрана электронного осциллографа С I - 18.

Блок - схема электрической части представлена на рис.6. Она состоит из блока питания, генератора высокой частоты, измерительной схемы (в качестве измерительной схемы применена непольностью уравновешенная схема сравнения), фильтра ВЧ,

электронного осциллографа С1-18. Запись производилась с экрана осциллографа С1-18 при выключенной горизонтальной развертке через объектив "Киптер-3" на равномерно движущуюся пленку, перемещаемую лентопротяжным устройством.

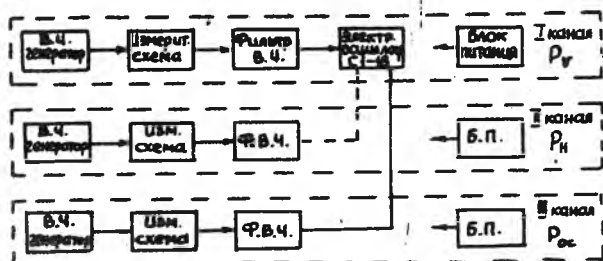


Рис. 6. Блок-схема электрической части 3^x компонентного фрезерного динамометра

В измерительной схеме (рис.7) происходит сравнение сопротивления датчика Z_g и эталонного сопротивления $Z_э (R_4)$. Питание датчика осуществляется пульсирующим током с частотой, близкой к резонансной частоте датчика. Измерительный прибор реагирует на разность токов, протекающих через Z_g и $Z_э (R_4)$, то есть ток прибора равен $I_{пр} = I_g - I_э$. При установке определенного постоянного зазора от 0,4 до 0,65 мм между ферритовой пластинкой и катушкой датчика регулировкой сопротивления $Z_э (R_4)$ добиваются равенства постоянных составляющих токов, проходящих через диоды D_1 и D_2 . Изменение величины зазора вызывает изменение полного вносимого сопротивления датчика. Для повышения чувствительности измерительной схемы и увеличения тока питания датчика применяется параллельный резонанс. В качестве резонирующей емкости используется собственная емкость датчика и емкость коаксиального подводного кабеля. Такое включение датчика значительно повышает чувствительность (приблизительно в Q^2 раз, где Q - добротность катушки датчика).

Прибор питается постоянным напряжением от стабилизированного блока питания, который состоит из полупроводникового выпрямителя, собранного по мостовой схеме на диодах Д247Б, и электронного стабилизатора напряжения.

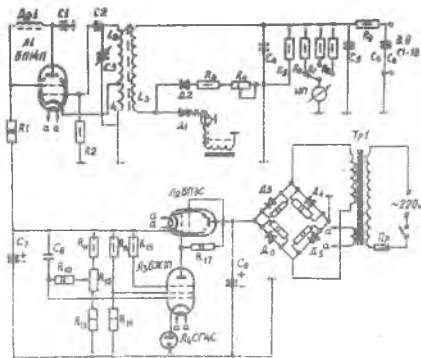


Рис.7 Принципиальная электрическая схема одного канала 3^X компонентного фрезерного динамометра

Высокочастотный генератор мощностью около 5 вт собран на лампе 6Ш4П по однокатной схеме с самовозбуждением. Частота генератора около 1 мГц. Высокочастотные колебания подаются на измерительную схему, которая состоит из двух диодов типа Д219Б, эталонных сопротивлений R_3, R_4 , контура датчика с емкостью коаксиального кабеля, конденсатора C_4 , нагрузочного сопротивления R_5 , добавочных сопротивлений $R_6 - R_8$ и измерительного прибора. Электрическая часть динамометра позволяет измерять с одинаковой чувствительностью статические и динамические перемещения. В диапазоне рабочих нагрузок характеристика датчика является линейной.

Применение электронного осциллографа по сравнению со шлейфовым дает большие преимущества, заключающиеся в безинерционной регистрации сил во времени и простоте регулировки выходного сигнала в широких пределах.

На рис.8 представлены осциллограммы составляющих R_H и R_V , полученные при обработке закаленной стали КВК32 дисковыми пазовыми фрезами с напайными пластинками из сплава Т15К6. Основные параметры инструмента и режима резания в этом опыте были следующие: $D_{фр} = 130 \text{ мм}$; $B_f = 5 \text{ мм}$; $z = 12$; $t = 15 \text{ мм}$; $V = 96 \text{ м/мин}$; $S_z = 0,034 \text{ мм/зуб}$; $\gamma = -10^\circ$; $\alpha = 15^\circ$; фрезерование по подаче. Скорость протягивания фотопленки составляла 500 мм/сек. В качестве отметчика времени служила неоновая лампа, которая давала 50 вспышек в секунду.

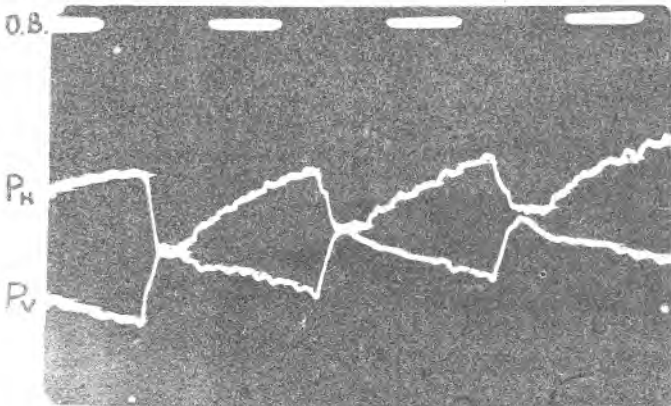


Рис. 8 Осциллограммы сил резания при обработке закаленной стали КВК32 дисковыми пазовыми фрезами, оснащенными твердым сплавом Т15К6

Из приведенных осциллограмм видно, что в момент врезания зуба сила P_V прижимала заготовку к столу станка, а сила P_H была направлена против подачи.

В результате обработки полученных осциллограмм были построены графики зависимости максимальных значений равнодействующей силы от параметров режима резания, определены расчетные формулы и построены номограммы. На рис.9 приведена номограмма для определения максимальных значений равнодействующей силы резания при обработке закаленной стали КВК32 дисковыми пазовыми фрезами, оснащенными пластинками твердого сплава марки Т15К6. На рис.10 приведена аналогичная номограмма для обработки стали КВК32 в **отожженном** состоянии быстррежущими спиральными цилиндрическими фрезами из стали Р18.

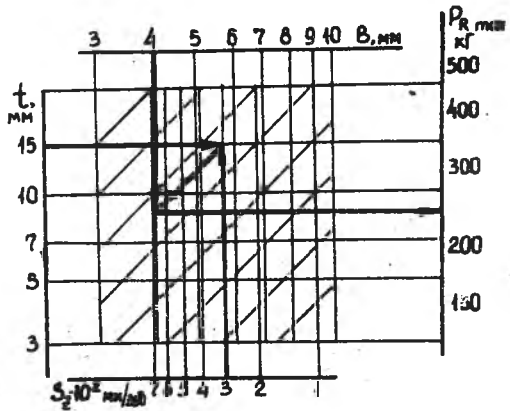


Рис. 9. Номограмма для определения максимальных значений равнодействующей силы резания при обработке закаленной стали КВК32 дисковыми пазовыми фрезами с напайными пластинками из сплава Т15К6

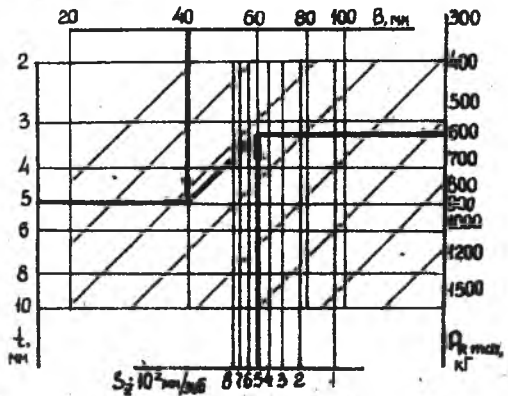


Рис. 10. Номограмма для определения максимальных значений равнодействующей силы резания при обработке отожженной стали КВК32 спиральными фрезами из стали Р18

Порядок нахождения максимальных значений сил резания по номограммам указан стрелками. По полученным значениям действующих сил резания можно определить запас прочности режущего инструмента.

Литература

1. Костяков А.Х. Динамика фасонного фрезерования. Машгиз, 1950.
2. Резников Н.И., Бурмистров Е.В., Харков И.Г. и др. Обработка резанием жаропрочных, высокопрочных и титановых сплавов. М., "Машиностроение", 1972.

УДК 621.951.7

А.С.Горячев, В.В.Жукин, Т.П.Бузицкая

ОБРАБАТЫВАЕМОСТЬ ВЫСОКОПРОЧНОЙ СТАЛИ ВКС-210 ПРИ ЗЕНКЕРОВАНИИ И РАЗВЕРТЫВАНИИ

При изготовлении ответственных узлов и деталей применяют высокопрочную сталь марки ВКС-210 (ЭП637). Большое содержание никеля способствует хорошей прокаливаемости, а введение таких компонентов, как молибден, кобальт и титан, придает стали повышенную прочность и твердость. После термообработки-закалки и старения - сталь ВКС-210 приобретает высокую прочность - $\sigma_B = 200 \pm 10 \text{ кг/мм}^2$.

Высокие прочностные показатели стали ВКС-210 вызывают значительные трудности при ее механической обработке и, в частности, при зенкеровании и развертывании отверстий.

В данной статье приводятся результаты стойкостных исследований по выбору оптимальных режимов резания и геометрии инструмента.