

Резюме. По предложенной методике стойкостных зависимостей находят область разумных сочетаний величины глубины резания и подачи, разбивают ее на две-три части. Затем в каждой из них с помощью ускоренного метода следует установить пределы изменения скорости резания и найти стойкостную зависимость.

Л и т е р а т у р а

1. Налимов В.В., Чернова Н.А. Статистические методы планирования экстремальных экспериментов. М., 1965. 2. Справочник нормировщика-машиностроителя. Т. 2. Техническое нормирование станочных работ. М., 1961.

УДК 621.951.4

Ю.А. Новоселов, канд.техн.наук,
В.А. Терентьев

ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ СБОРНЫХ РЕЗЦОВ

Работоспособность того или иного резца зависит от значений и распределений напряжений, развиваемых в элементах его конструкции, особенно в режущей пластинке, как после сборки резца, так и в процессе его работы.

Определим напряженное состояние двух конструкций сборных токарных резцов, разработанных в ВНИИ и Новополоцком политехническом институте (НПИ). Рассмотрим напряжения после сборки.

Резец ВНИИ. Схема крепления режущей пластинки этого резца, а также схема статического равновесия представлены на рис. 1. Осевая сила P_B винта, возникающая при его затяжке, вызывает между клином и скосом державки нормальную силу реакции F_N и силу трения F_{TB} , условно сосредоточенные в средней точке В контактной площадки (рис. 1, б). Подобные силы реакции действуют и с другой стороны клина в точке А (силы R и F_{TA}).

Приняв $F_{TB} = F_N \cdot f_{TP,B}$, $F_{TA} = R \cdot f_{TP,A}$, $f_{TP,B} = f$, после преобразований получим выражение для определения нормальной реакции опоры между клином и режущей пластинкой

$$R = \frac{P_B (1 - f \operatorname{tg} \psi)}{\operatorname{tg} \psi (1 - f^2) + 2f} \quad (1)$$

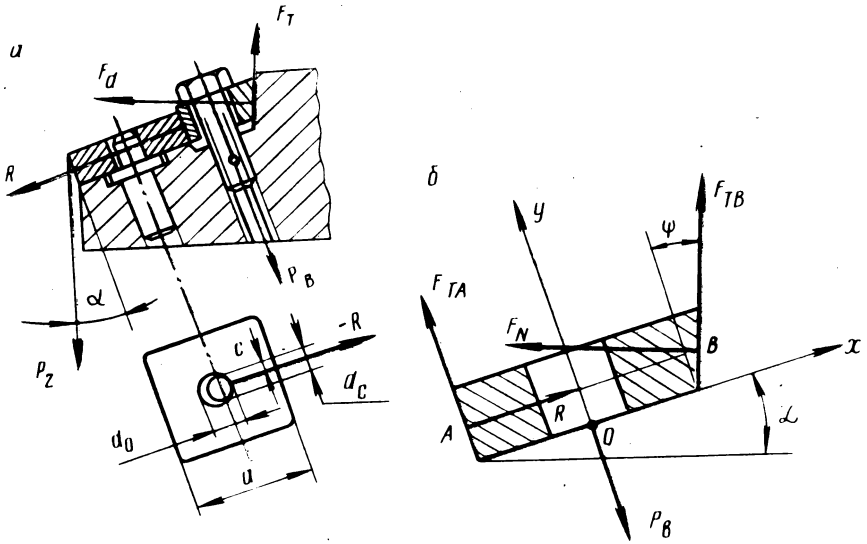


Рис. 1. Схема сил, действующих на элементы реза ВНИИ: а - общая схема реза; б - система сил, приложенных к клину.

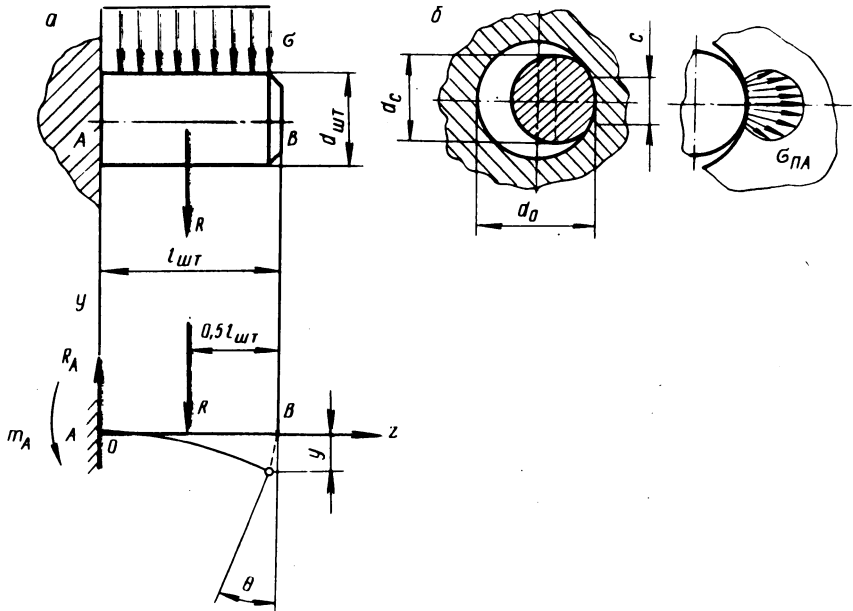


Рис. 2. Схема расчета напряжений в консольной части штфта реза ВНИИ: от деформации изгиба (а) и смятия (б).

Штифт, как основной крепежный элемент реза, испытывает сложную деформацию изгиба, среза и смятия. Оценим степень его деформации. На рис. 2 приведена расчетная схема, на которой выступающая часть штифта принята за консольную балку с равномерным распределением удельной нагрузки ζ от силы R вдоль оси штифта. Сила R , как показано на рис.1, приложена к средней части консоли штифта.

Исходя из известных формул сопротивления материалов, можно записать уравнения прогиба и угла поворота сечения при изгибе штифта:

$$y = \frac{5}{48} \frac{R l^3}{E J} \text{ шт}^3, \quad (2) \quad \theta = \frac{1}{8} \frac{R l^2}{E I} \text{ шт}^2, \quad (3)$$

где E - модуль упругости; I - момент инерции сечения штифта.

Поскольку диаметр отверстия режущей пластинки несколько больше диаметра штифта, расчет на смятие следует произвести по формуле Герца для случая контактного взаимодействия вогнутой и выпуклой цилиндрических поверхностей:

$$\sigma_{\text{см}} = 0,418 \sqrt{\frac{R E}{h \rho}}, \quad (4)$$

где R - усилие контактного взаимодействия двух тел/сила реакции; E - приведенный модуль упругости, $E = 2 E_1 E_2 / (E_1 + E_2)$; h - длина участка контакта (ширина пластинки); ρ - приведенный радиус кривизны контактных поверхностей, $\frac{1}{\rho} = \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2}$ или $\rho = 2 \frac{d_o d_c}{d_o + d_c}$ (d_o - диаметр отверстия в пластинке, d_c - диаметр штифта).

Напряжения, вызывающие деформацию среза штифта, находим по формуле

$$\tau_{\text{ср}} = \frac{4 R}{\pi d^2}. \quad (5)$$

Расчет, выполненный по приведенным формулам для конкретного реза средних размеров, позволил установить следующее.

1. Линейные и угловые деформации изгиба штифта предельно малы ($y = 0,005$ мм, $\theta = 4,2^{\circ}$), не являются лимитирующими и не могут служить сигналом к изменению размеров или конструкции штифта.

2. Контактные напряжения, развиваемые на штифте в результате его взаимодействия с твердосплавной пластинкой, достигают критических разрушающих значений ($\sigma_{\text{см}} = 127 \text{ кгс/мм}^2$), в несколько раз превышающих допускаемое напряжение на смятие материала штифта ($[\sigma_{\text{см}}] = 29 \text{ кг/мм}^2$). Кроме того, найденные контактные напряжения сравнительно близки (по крайней мере имеют тот же порядок) напряжениям сжатия, допускаемым твердосплавной пластинкой ($\sigma_{\text{сж}} = 370 \text{ кгс/мм}^2$). Все это указывает на то, что штифт в конструкции резца с клиновым распором является ненадежным элементом. Высокие же контактные напряжения при наличии в твердом сплаве определенных дефектов могут вызвать поломку режущей пластинки в момент ее закрепления, что нередко и наблюдается на практике.

3. Вызываемые при зажатии режущей пластинки касательные напряжения среза консольной части штифта ($\tau_{\text{сд}} = 12 \text{ кгс/мм}^2$) могут быть соизмеримы с допускаемым напряжением на срез материала штифта ($[\tau_{\text{сд}}] = 11 \text{ кгс/мм}^2$). Это также указывает на ненадежность штифта, работающего в клиновом распоре.

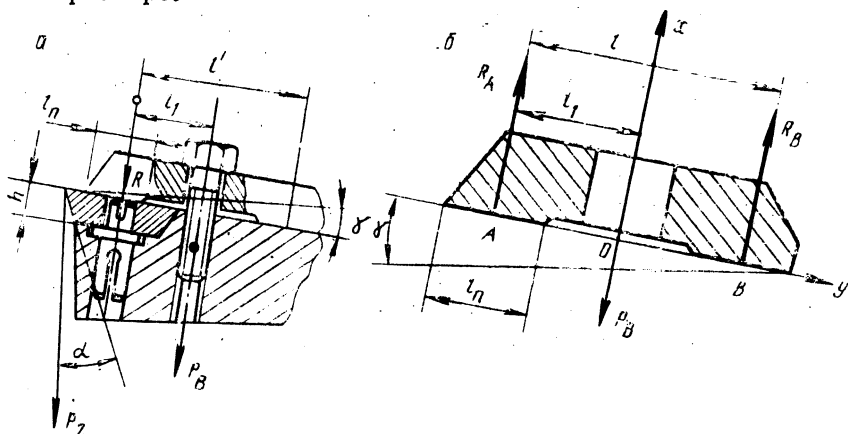


Рис. 3. Схема сил, действующих на элементы резца НПИ: а - общая схема резца; б - силы, действующие на прихват.

Таким образом, расчеты показали несовершенство метода крепления режущей пластинки в резцах конструкции ВНИИ. По этим причинам резцы не имеют необходимой жесткости и в условиях производства не используются на силовых режимах и при снятии больших припусков.

Резец НПИ. Из приведенных на рис. 3 схем головной части резца, а также силового равновесия прихвата видно, что в данном случае имеет место более простая ситуация нагружения прихвата и режущей пластинки. Под действием развиваемого винтом усилия P_B на опорных площадках прихвата (рис. 3, а) возникают силы реакции R_A и R_B . Нормальные контактные напряжения на опорных площадках определяются из выражений

$$\sigma_A = \frac{P_B}{a l_n} \left(1 - \frac{l}{l} \right), \quad \sigma_B = \frac{P_B}{a l_n} \frac{l}{l} \quad (6)$$

Расчеты, выполненные для того же среднего резца, показали что нормальные напряжения в режущей пластинке от зажима ее прихватом малы ($\sigma = 0,44 \text{ кгс/мм}^2$), что указывает на высокую жесткость, надежность и большую работоспособность предложенных резцов.

Рассмотрим напряжения при резании.

Резец ВНИИ. Схема нагружения режущей пластинки в процессе резания приведена на рис. 4, а. На пластинку действует главная составляющая силы резания P_Z и нормальная составляющая P_n , нормальная N и касательная F силы реакции на опорной площадке державки, нормальная сила на грани пластинки R'' и соответствующая ей касательная сила T'' , а также двойная сила трения $2T$ от статического зажима режущей пластинки. Силы N и R'' , учитывая, что $F = fN$, $T'' = fR''$, $T' = fR$, $P_n = 0,3P_Z$, определяют из уравнений равновесия:

$$N = \frac{P_Z [\sin \alpha (0,3 - f) + \cos \alpha (1 + 0,3f)] + 2f \cdot R}{1 + f^2} \quad (7)$$

$$R'' = P_n \cos \alpha - P_Z \sin \alpha - fN \quad (8)$$

Расчеты, выполненные по формулам (7) и (8) для обычного и силового режимов, показали следующее.

1. Нормальные силы N реакции в обоих случаях пропорциональны действующей силе резания P_Z и оказывают на режущую пластинку значительное давление. При недостаточной плотности опорного контакта, при перекосах пластинки, что часто имеет место, это давление может привести режущую пластинку к поломке.

2. Дополнительная распорная нагрузка R'' , действующая на режущую пластинку между штифтом и клином в процессе реза-

ния, не выходит за пределы 20–30 кгс даже в случае сверхтяжелых режимов и составляет 10% от силы зажима R . Это означает, что силы резания не улучшают условий закрепления режущей пластинки, а также несколько повышают контактные напряжения смятия и среза. Эти напряжения могут также увеличиваться при температурном расширении твердого сплава в процессе резания. Таким образом, расчеты показали, что резец конструкции ВНИИ является относительно непрочным.

Резец НПИ. Схема действия сил на режущую пластинку, находящуюся в равновесном состоянии, приведена на рис. 4, б. К пластинке приложены силы резания P_z и P_n , нормальная реакция N на опорной плоскости пластины, сила трения F от нормальной реакции N , двойная сила трения $2F_1$ статического зажима, нормальная Q и касательная S силы реакции на боковой базовой грани пластинки.

Приняв во внимание $F = fN$, $F_1 = fR_A$, $S = fQ$, $P_n = 0,3P_z$, можно записать

$$N = \frac{1}{f}(P_n \cos \gamma + P_z \sin \gamma) - 2R_A - \frac{Q}{f} [c \cos(\gamma + \alpha) + f \sin(\gamma + \alpha)], \quad (9)$$

$$Q = \frac{P_z [\sin \gamma (1 - 0,3f) - \cos \gamma (f - 0,3)] - 2fR_A}{(1 + f^2) \cos(\gamma + \alpha)}. \quad (10)$$

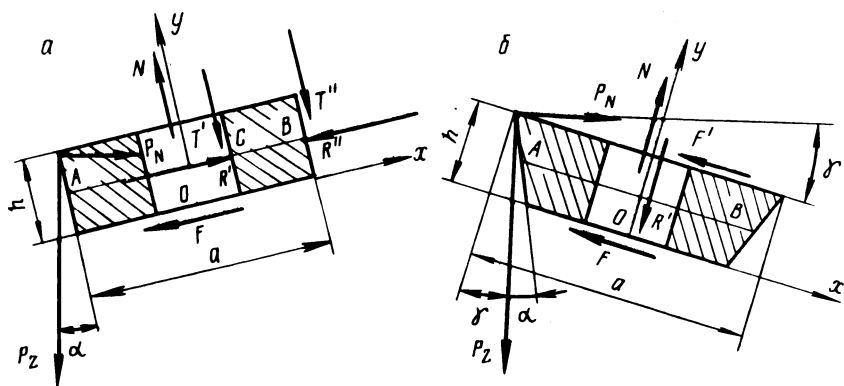


Рис. 4. Схема равновесия режущих пластинок в процессе резания: а - резца ВНИИ; б - резца НПИ.

Расчеты по формулам (9) и (10) для различных режимов резания показали, что силы реакции с увеличением силы резания пропорционально возрастают (как и в резцах ВНИИ). Однако режим режущей пластинки сверху обеспечивает (в отличие от резца ВНИИ) плотное прилегание пластинки к державке, в

результате чего контактные напряжения в области опоры пластинки остаются незначительными ($\sigma = 5 \dots 6$ кгс/мм²) и не вызывают очагов разрушения твердого сплава (рис. 4).

Резюме. Прочностный расчет сборных токарных резцов двух конструкций позволил установить их преимущества и недостатки и определить области использования резцов: резца ВНИИ – на чистовой обработке, резца НПИ – на обдирочных операциях с повышенными режимами резания и в других условиях.

УДК 621.9

Е.Э. Фельдштейн

ТОНКОЕ ТОЧЕНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

При изготовлении матриц для холодного выдавливания широко используются закаленные стали типа 9ХС и Х12. Эти материалы характеризуются низкой обрабатываемостью и в то же время не обеспечивают высокую стойкость матриц. В связи с этим на основе железа и хрома разработаны материалы, полученные методом порошковой металлургии и обеспечивающие стойкость матриц в несколько раз большую, чем инструментальные стали.

Одним из способов формирования рабочих поверхностей матриц является тонкое точение. Так как материал матриц обладает высокой твердостью и истирающей способностью, для его обработки широко используются твердые сплавы и синтетические сверхтвердые материалы. В нашем случае тонкое точение осуществлялось резцами из Т30К4 и сверхтвердого материала гексанит-Р при скоростях резания 5-200 м/мин с подачей 0,05 мм/об и глубиной резания 0,1 мм. Исследовалась обрабатываемость сталей 9ХС HRC 55-58, Х12 HRC 58-62 и порошкового материала 70% Fe + 30% ПХ30, цементованного и закаленного до HRC 58-62.

В результате исследований установлен сложный характер зависимости $T - V$ для названных материалов (рис.1). Это связано с тем, что в зависимости от скорости резания преобладают различные причины износа режущих кромок резца. Использование синтетического сверхтвердого материала гексанит-Р обеспечивает резкое возрастание производительности и стойкости по сравнению с твердым сплавом Т30К4. Например, для стали 9ХС гексанит позволяет увеличить скорость реза-