

Номер формы	Средняя относительная площадь $\bar{S}_{ij}$			Среднее квадратичное отклонение $\sigma_{ij}$		
	Грань 1	Грань 2	Грань 3	Грань 1	Грань 2	Грань 3
0139А	0,324	0,4887	0,0968	0,1178	0,162	0,043
0141А	0,805	0,7157	0,197	0,22	0,175	0,092

частот по критерию Пирсона все графики согласуются с теоретическими кривыми нормального распределения.

В результате статистической обработки полученных данных по известной методике были рассчитаны средние значения относительной площади касания  $\bar{S}_{ij}$  и средние квадратические отклонения  $\sigma_{ij}$  (табл. 1).

Для решения вопроса об использовании пластин твердого сплава рассматриваемых форм в сборных конструкциях режущего инструмента необходимо было знать также наиболее вероятную форму пятна касания каждой ее базовой грани, полученную методом последовательного наложения отпечатков. Для формирования таких отпечатков использовались пластины, относительная контурная площадь которых находилась в пределах  $\pm\sigma$  от среднего значения.

При сравнении полученных форм пятен касания оказалось, что они не однокровы у разных граней, что, по-видимому, объясняется особенностями технологического процесса изготовления пластин.

Как видно из графиков (см. рис. 1, а, б) и сравнения средних относительных контурных площадей касания (см. табл. 1), пластины меньших размеров отличаются большей вероятностью обеспечения стабильных условий контактного взаимодействия, поэтому пластины формы 0139А предпочтительнее при конструировании инструмента. Сравнение форм пятен касания показывает, что грань 1 обеспечивает устойчивость положения пластины в инструменте. Поэтому ее целесообразнее использовать в конструкции инструмента в качестве установочной базы пластины, а грани 2 и 3 — соответственно в качестве направляющей и зажимной баз.

УДК 691.9-1/9-11

П.И.ЯЩЕРИЦЫН, акад. (АН БССР),  
Ю.А.НОВОСЕЛОВ, канд.техн.наук,  
М.И.МИХАЙЛОВ (БПИ)

### НАПРЯЖЕННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕЖУЩЕЙ ПЛАСТИНЫ СБОРНОГО ИНСТРУМЕНТА

При исследовании напряженно-деформированного состояния режущей пластины в различных условиях ее закрепления и с различным характером внешних нагрузок в качестве основной схемы была использована схема закрепления режущей пластины, имеющей форму трапецеидальной призмы, по трем ее сторонам. Для решения поставленной задачи применялся метод конечных элементов. С учетом возможности принятия схемы напряженно-деформи-

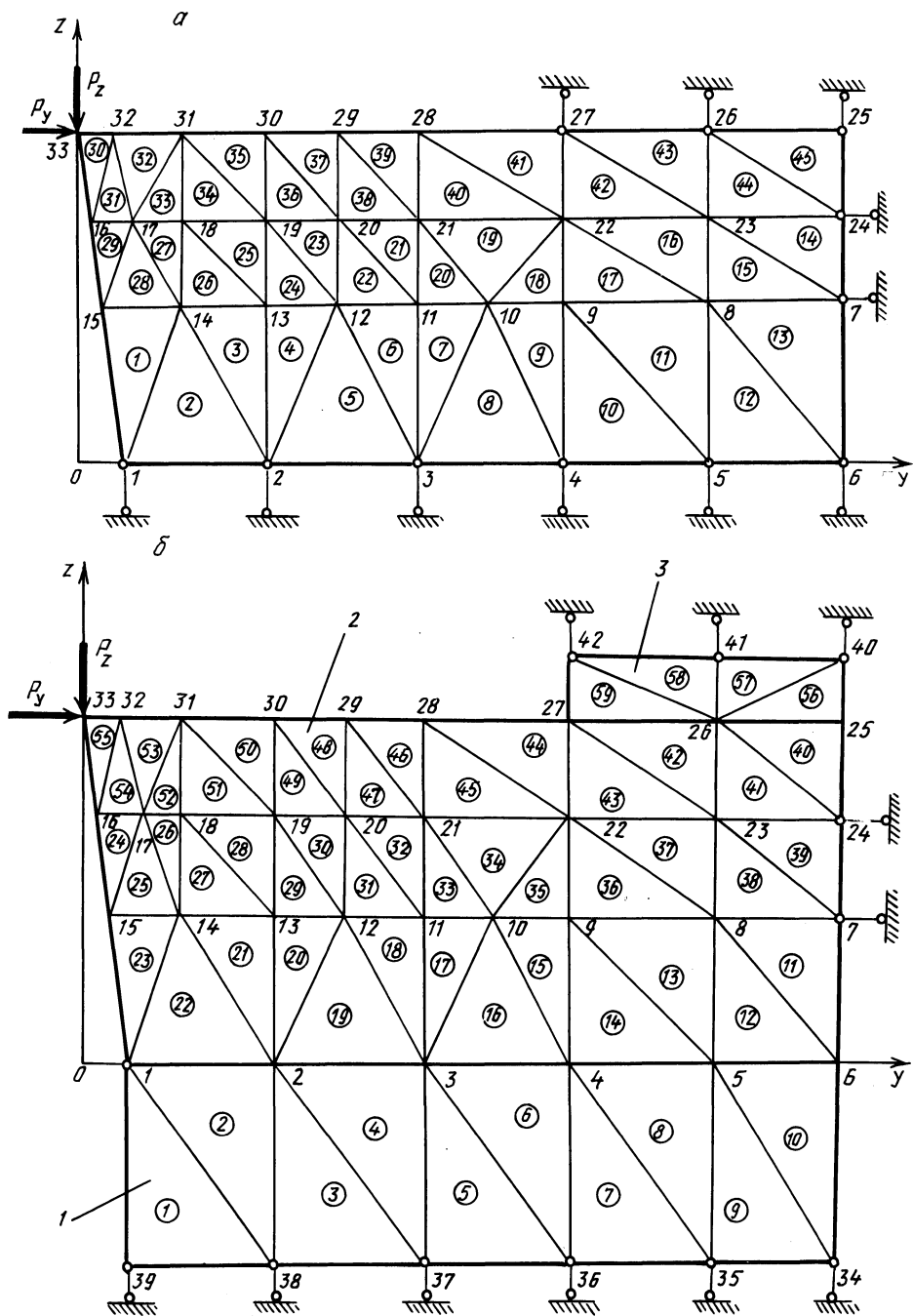


Рис. 1. Расчетная схема режущей части реза:  
 а – с режущей пластиной на жестком основании; б – на упругом основании и с прижимом

рованного состояния режущей пластины плоской продольное ее сечение было разбито на совокупность треугольных элементов, как на рис. 1, а. Контакт этой пластины с элементами конструкции представлен жесткими связями по методу Б.Н.Жемочкина (узлы 1...7, 24...27). В данной схеме учтены внешние силы  $P_z$  и  $P_y$ , действующие вдоль координатных осей системы.

Основываясь на принципе равенства работ внешних и внутренних сил и представляя каждую из них соответствующим выражением

$$A_{\text{внеш}} = [\delta]^T [P],$$

где  $[\delta]^T$  – транспонированная матрица перемещений всех узловых точек рассматриваемого тела;  $[P]$  – матрица внешних сил;

$$A_{\text{внутр}} = \sum_{p=1}^{n_y} \sum_{g=1}^{n_z} [\epsilon]^T [\sigma] S,$$

где  $[\epsilon]^T$  – матрица деформаций элемента;  $[\sigma]$  – матрица напряжений в элементе;  $S$  – площадь конечного элемента, получим

$$[P][\delta]^T = \sum_{p=1}^{n_y} \sum_{g=1}^{n_z} [\epsilon]^T [\sigma] S. \quad (1)$$

Деформации любого элемента могут быть выражены через соответствующие перемещения его узловых точек по координатным осям:

$$[\epsilon] = \begin{bmatrix} \epsilon_y \\ \epsilon_z \\ \gamma_{yz} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{\partial u}{\partial y} \\ \frac{\partial v}{\partial z} \\ \frac{\partial u}{\partial z} + \frac{\partial v}{\partial y} \end{bmatrix},$$

$$\text{или } [\epsilon] = [C][\delta],$$

где  $u$  и  $v$  – перемещения узловых точек  $m$ ,  $n$ ,  $k$  элемента вдоль каждой из осей системы координат  $XOY$ ; вдоль оси  $OZ$  – перемещения  $v_m, v_n, v_k$ , вдоль оси  $OY$  – перемещения  $u_m, u_n, u_k$ .

Подставив выражение для  $[\epsilon]$  в формулу (1), получим

$$[P] = \sum_{p=1}^{n_y} \sum_{g=1}^{n_z} [C]^T [\sigma] S. \quad (2)$$

Напряжения и деформации связаны между собой соотношением Гука:

$$\sigma_y = 2G \left[ \epsilon_y + \frac{\mu}{1-2\mu} (\epsilon_y + \epsilon_z) \right];$$

$$\sigma_z = 2G \left[ \epsilon_z + \frac{\mu}{1-2\mu} (\epsilon_y + \epsilon_z) \right];$$

$$\tau_{yz} = G \gamma_{yz},$$

где  $G$  – модуль упругости второго рода материала элемента;  $G = E(1 + \mu)/2$ ;  $E$  – модуль упругости первого рода;  $\mu$  – коэффициент Пуассона.

Обозначив через  $[D]$  матрицу перехода от напряжений к деформациям, получим

$$[\sigma] = [D][\epsilon]. \quad (3)$$

Подставив выражение (3) в (2), имеем

$$[P] = \sum_{p=1}^{n_y} \sum_{g=1}^{n_z} [C]^T [D] [C] [\delta] S.$$

Обозначив

$$[K] = \sum_{p=1}^{n_y} \sum_{g=1}^{n_z} [C]^T [D] [C] S,$$

получим

$$[P] = [K][\delta].$$

Расчеты по приведенной выше методике выполнялись на ЭВМ. Для определения влияния упругости контактирующих с режущей пластиной элементов конструкции на напряженное состояние пластины была разработана вторая расчетная схема (рис. 1, б), в которую кроме пластины 2 введены прижим 3 и основание 1.

Для установления оптимальности конструктивного решения реза положение прижима в расчетах варьировалось в направлении оси  $OY$ . Для этого применялась специальная методика, заключающаяся в последовательном разрыве узлов на контактном контуре режущей пластины (узлы 1... 6, 25... 27) и определении знаков разности перемещений в направлении оси  $OZ$  двух сдублированных разделением одноименных узлов. Если эта разность оказывалась неположительной, то на основании совместности перемещений сдублированные узлы принимались неразрывными и в дальнейших расчетах учитывались как целые. В том случае, когда разность перемещений оказывалась положительной, узлы в дальнейших расчетах считались разорванными. При решении задачи нагружения узлов повторно (методом итераций) с учетом принятых условий определялось напряженно-деформированное состояние пластины и протяженность участка с нарушением сплошности контактного взаимодействия.

Из анализа полученных результатов видно (рис. 2, а), что напряжения  $\sigma_y$  и  $\sigma_z$  по длине режущей пластины в трех сечениях плоскостями, параллельными опорной, изменяются в пределах зоны контакта передней поверхности со стружкой (на рис. 2, а графики, относящиеся к передней поверхности, изображены сплошной линией, к серединной плоскости – штриховой, а к приконтактной – штрихпунктирной). Это изменение проявляется наиболее резко в районе режущей кромки, при удалении от нее напряжения стабилизируются и только в конце пластины частично возрастают, что объясняется приложенными силами и контактными нагрузками. Таким образом, при увеличении нагрузки возникает опасность хрупкого разрушения пластины в пределах зоны контакта со стружкой.

На рис. 2, б изображены кривые распределения напряжений  $\sigma_z$  и  $\sigma_y$  в тех же сечениях на расстоянии 1 мм от режущей кромки. Изменение модуля упру-

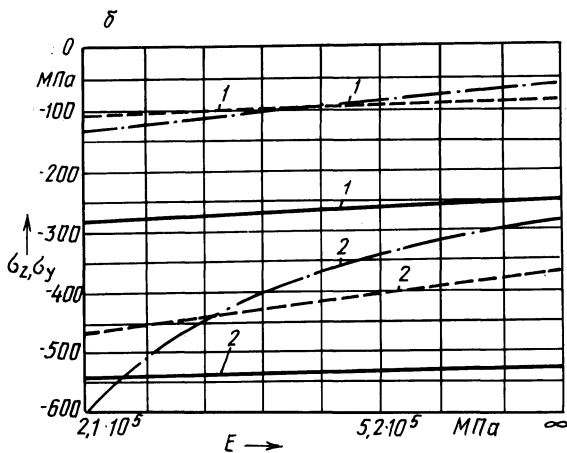
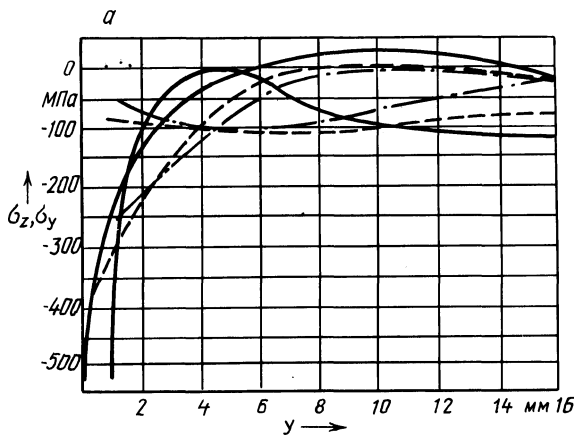


Рис. 2. Графики зависимости напряжений  $\sigma_z$  и  $\sigma_y$  в трех сечениях пластины: а – от координаты  $y$ ; б – от модуля упругости  $E$  основания; 1 –  $\sigma_y$ ; 2 –  $\sigma_z$

гости  $E$  опоры вплоть до принятия ее абсолютно жесткой оказывает незначительное влияние на напряжение в поверхностном слое режущей пластины. Как показали расчеты, с изменением положения прижима вдоль оси  $OY$  напряжения меняются незначительно.

Таким образом, ввиду незначительного влияния на напряженное состояние пластины упругости опоры в качестве материала опорной пластины можно использовать конструкционную сталь, что не окажет отрицательного влияния на прочность режущей пластины. При этом для увеличения долговечности опорной пластины она должна быть закаленной. Независимость напряженного состояния от рассмотренных схем зажима режущей пластины дает основание считать более целесообразным закрепление пластины не сверху, а путем введения в конструкцию боковых клиновых прихватов, обеспечивающих достаточное давление режущей пластины на опорную плоскость державки. Такое конструирование инструмента облегчает отвод стружки, открывает обзор зоны резания и улучшает подвод к ней смазочно-охлаждающей жидкости.