

Применение критерия равнопрочности при проектировании сменных режущих пластин для отрезных и канавочных резцов

А.А. Моховиков, С.В. Корчуганов

Распространенной операцией заготовительного производства и технологических процессов изготовления деталей машин является отрезка. Инструменты, предназначенные для выполнения данной операции, работают в особо тяжелых условиях, которые объясняются переменным значением скорости резания, трением между стенками прорезаемой канавки и стружкой, а также стесненными условиями стружкообразования. Распространенными представителями этих инструментов являются отрезные и канавочные резцы, имеющие ряд особенностей конструкции и условий эксплуатации [1]. Отечественной и зарубежной промышленностью производятся различные конструкции этих резцов, предназначенные для эксплуатации на универсальном и программном оборудовании, а также станках-автоматах [2]. В настоящее время значительного успеха в разработке передовых конструкций отрезных инструментов достигли ведущие зарубежные фирмы такие как Kennametal Hertel (Германия, США), Iscar (Израиль), Korloy (Корея), Sandvik Coromant (Швеция, Россия) и др. Ими для отрезных и канавочных резцов разработаны различные формы и конструкции режущих пластин, с помощью которых решается одна из основных проблем отрезки и прорезки канавок – удаление стружки из прорезаемого паза. Передняя поверхность этих резцов формирует плотноупакованную в рулоны узкую стружку, свободно выходящую из прорезаемого паза и одновременно, за счет снижения силы резания, позволяют увеличить значения рабочих подач.

Однако, несмотря на многообразие и определенное совершенство существующих конструкций режущих пластин для отрезных и канавочных резцов, одной из основных причин выхода их из строя является хрупкое

азрушение режущей части [3, 4], что свидетельствует о недостаточной прочности режущего лезвия данных инструментов.

Авторами [5, 6, 7, 8] показано, что прочность и в определенной степени стойкость режущего лезвия инструментов определяется соответствием его формы внешним нагрузкам. Одним из подходов определения такой формы лезвия инструмента является критерий равнопрочности передней поверхности режущей пластины, предложенный Петрушиным С.И. [9].

Исходя из аналитических решений [9] получим, для условий работы отрезных и прорезных инструментов, следующее уравнение:

$$r = 2 \frac{p_y [\beta \cos \gamma_T - \sin \alpha \cos(\alpha + \gamma_T)] + p_z [\sin \alpha \sin(\alpha + \gamma_T) - \cos \gamma_T + \beta \sin \gamma_T]}{\sigma [(\sin^2 \alpha - \cos^2 \gamma_T)^2 - \beta^2 + (\sin \alpha \cos \alpha - \sin \gamma_T \cos \gamma_T)^2]} \rightarrow \quad (1)$$

где p_y, p_z - отнесенные на единицу ширины режущего лезвия радиальная и тангенциальная составляющие силы резания, Н;

γ_T - значение текущего переднего угла, соответствующее радиус-вектору (рис. 1);

σ - некоторая величина напряжения, значение которого находится в пределах $\sigma < [\sigma]_p$, МПа.

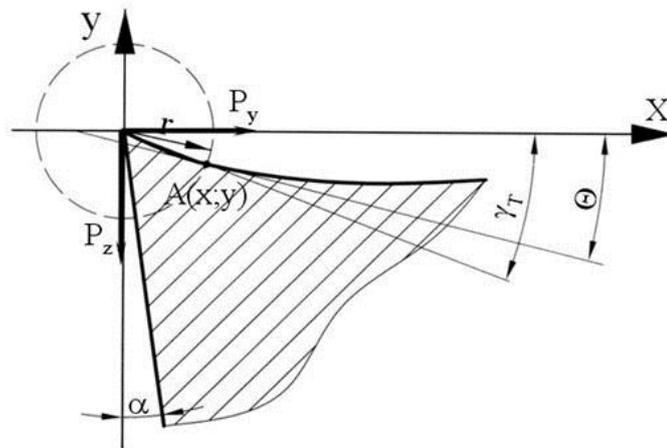


Рис. 1. – Расчетная схема

Построение искомых профилей передней поверхности было реализовано численным методом с помощью разработанной в среде

универсального математического пакета Maple программы расчета координат точек профиля. Исходные данные для расчета: экспериментальные значения технологических составляющих силы резания [10], значения допускаемых напряжений -50, -100, 50, 100 МПа и величина заднего угла $\alpha=8^\circ$. Полученные результаты представлены на рис. 2.

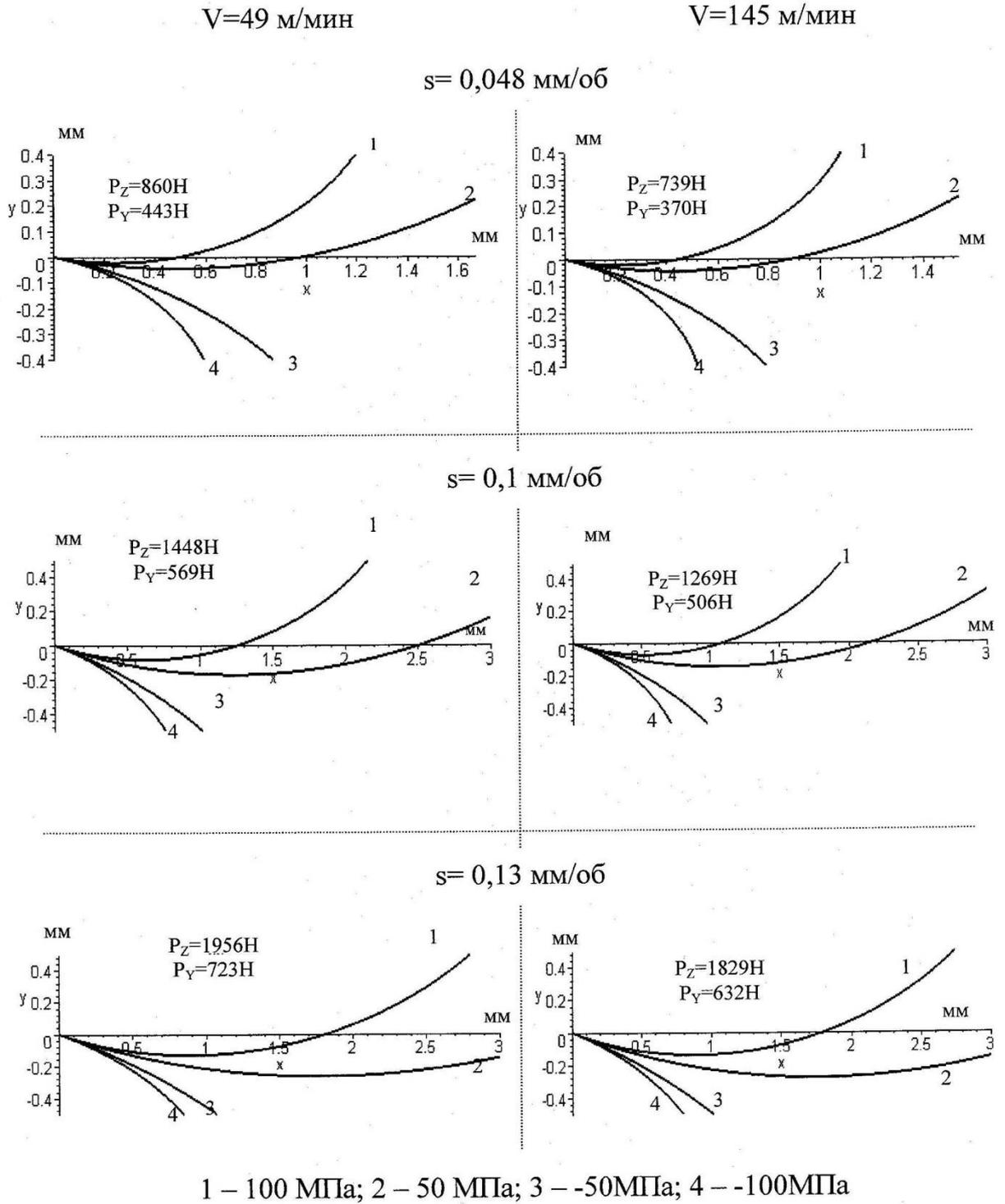


Рис. 2. – Расчетные профили равнопрочной передней поверхности

Построенные расчетные профили передней поверхности представляют собой линии, имеющие переменную кривизну, форма которых определяется исходными данными. Изменение величины допустимого напряжения в большую сторону приводит к увеличению кривизны линии, описывающей равнопрочную форму передней поверхности, а знак допускаемого напряжения влияет на её вид. Если $\sigma < 0$, то поверхность получает выпуклый вид, в противном случае при $\sigma > 0$ передняя поверхность приобретает вогнутую форму.

Радиус кривизны получаемого профиля в значительной степени определяется соотношением касательной P_z и радиальной P_y составляющих силы резания, которые изменяются при различных значениях скорости резания и подачи. Анализ и сопоставление экспериментальных значений составляющих силы резания [10] позволил установить, что среднее значение отношения $P_z / P_y \approx 2,4$.

Принимая во внимание полученное соотношение P_z / P_y для значений напряжения на передней поверхности σ , равных 50, -50, 100, -100 МПа, при максимальном экспериментальном значении P_z были получены расчетные усредненные профили передней поверхности, которыми описывается форма равнопрочного лезвия отрезных инструментов (рис. 3). Полученные расчетные данные показывают, что равнопрочная форма передней

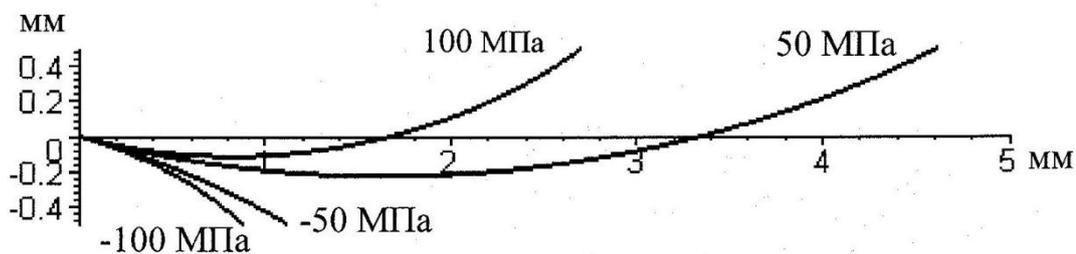


Рис. 3. - Расчетные усредненные профили передней поверхности равнопрочного лезвия

поверхности может в зависимости от принятой величины и знака допускаемого напряжения принимать различный вид – выпуклый или вогнутый.

В работе [3] на основе принципа равнопрочности разработана форма заточки для отрезных резцов с напаянными режущими пластинами и на основе сравнительных экспериментальных исследований эксплуатационных свойств отрезных резцов с разработанной формой заточки и с плоской передней поверхностью экспериментально доказано повышение прочности лезвия и стойкости данных инструментов за счет равнопрочной передней поверхности.

Однако в современном производстве широкое применение получили сборные режущие инструменты со сменными режущими пластинами, получаемыми методом порошковой металлургии с последующей шлифовкой их плоских рабочих поверхностей. Передняя поверхность сменных режущих пластин формируется при прессовке порошков твердых сплавов, что позволяет ей придать практически любую форму и дает широкие возможности при проектировании, в том числе и применении принципа равнопрочности в их конструкциях.

Полученные математическим моделированием равнопрочной передней поверхности режущего лезвия данные стали основой для разработки режущих пластин для сборных отрезных и канавочных резцов (рис. 4 и 5), представляющих собой компьютерную композицию сложной геометрической формы, состоящей из набора преобразованных расчетных профилей [11].

Режущая пластина, представленная на рис. 4, имеет форму передней поверхности, в основу которой положена поверхность образованная прямолинейным перемещением по главной режущей кромке расчетного усредненного профиля с $\sigma = 50 \text{ МПа}$. Для формирования свободно выходящей из прорезаемого паза стружки предусмотрена канавка, расположенная с занижением на середине режущей кромки. Профиль канавки получен

аналогично на основе расчетного усредненного профиля для допустимого напряжения на передней поверхности $\sigma = 80 \text{ МПа}$. Такая форма режущей пластины позволит снизить усилия резания за счет снижения трения стружки о стенки прорези и может применяться при отрезке и прорезке глубоких канавок.

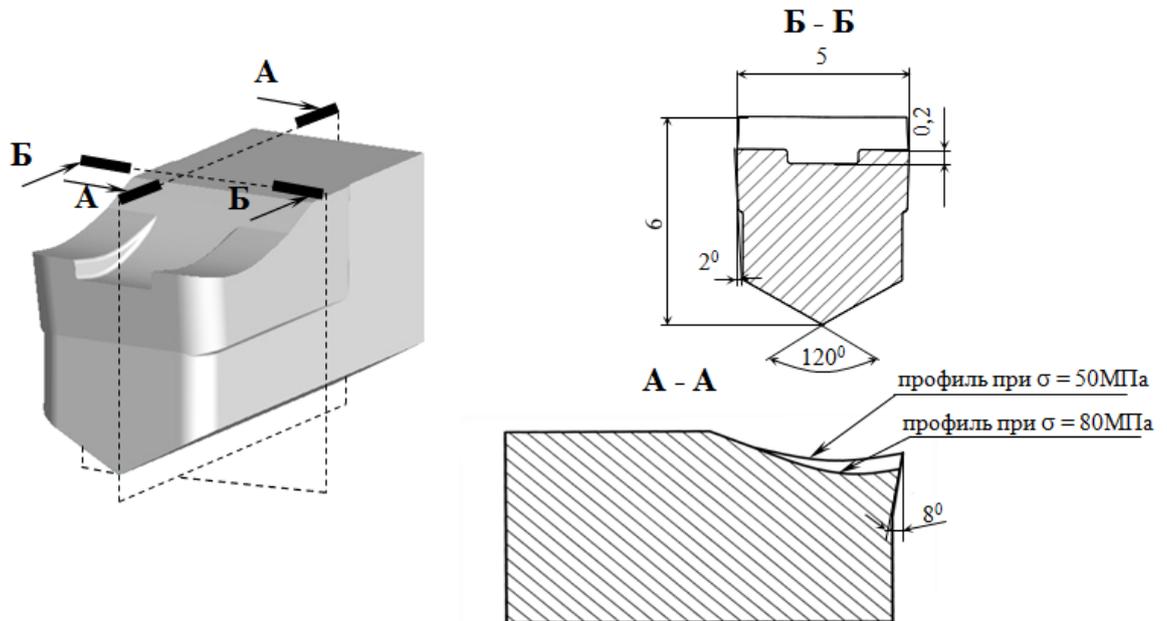


Рис. 4. - Сменная режущая пластина для отрезных и канавочных резцов, предназначенная для отрезки и прорезки канавок (обрабатываемый материал Сталь 45)

Сменная режущая пластина, представленная на рис. 5 спроектирована для отрезки, точения канавок «в разгонку» и при необходимости контурного точения. В целях успешного осуществления указанных технологических переходов пластина имеет большие, чем у предыдущего проекта, вспомогательные задние углы $\alpha_1 = 8^\circ$. Ее передняя поверхность получена перемещением вдоль главной и вспомогательных режущих кромок усредненного расчетного профиля с $\sigma = -50 \text{ МПа}$. Облегчение выхода стружки при прорезке и отрезке обеспечивается канавкой сформированной на передней поверхности. Представленная форма передней поверхности позволяет режущей пластине работать с поперечной и продольной подачей, значение которых определяется жесткостью головки резца.

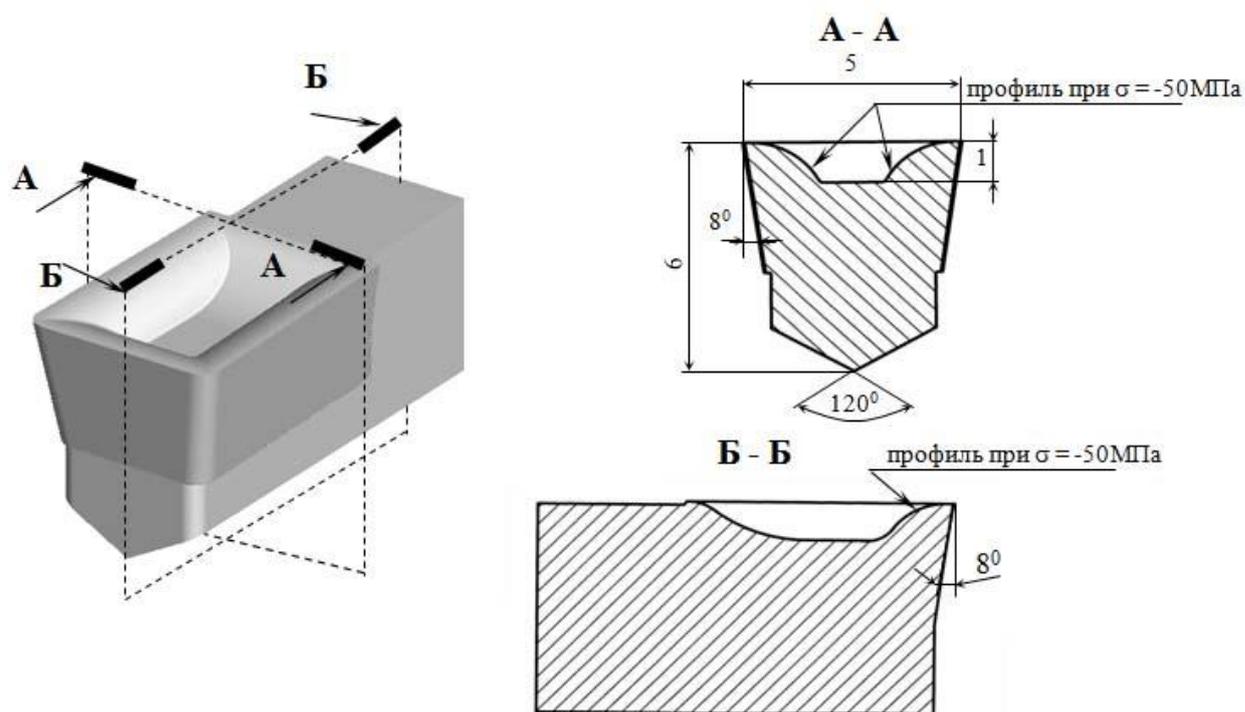


Рис. 5. - Сменная режущая пластина для отрезных и канавочных резцов, предназначенная для отрезки, точения канавок «в разгонку» и контурного точения (обрабатываемый материал Сталь 45)

Все представленные проекты сменных режущих пластин позволяют значительно повысить жесткость рабочей части инструмента за счет выполнения задних вспомогательных углов и вспомогательных углов в плане на самой пластине. Для крепления режущей пластины в корпусе державки нижняя ее часть имеет V – образную форму с углом, равным 120° . Для спроектированных пластин главный задний угол α был принят равным 8° .

Таким образом, критерий равнопрочности лезвия, на наш взгляд, может быть применен при проектировании сменных режущих пластин повышенной прочности, предназначенных для отрезных и канавочных резцов.

Литература:

1. Gadzinski M. Understanding parting-off operations. Part 1 of 2 // Cutting Tool Engineering. – 2001. - v. 53, Nr.2. - P. 34 - 37.

2. Демаков Д. В. Краткий анализ исследований проблем развития регионального машиностроения [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона [Электронный ресурс]: электрон. науч.- инновац. журн. – 2012.

- № 3. - Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/979> . –
Загл. с экрана. – Яз. рус.

3. Моховиков А.А. Повышение прочности отрезных и канавочных резцов за счет равнопрочной формы лезвия: дис.канд. техн. наук . - Томск. 2004. – 177с.

4. Tokahara K., Makio S. Analisis of cutting farce on cutting off // Kisazazu Kagyo koto senmon gakko kiyo Bull / Kisazazu Nat. Call. Technoll. - 1999. - №32. - P.1-5.

5. Бетанели А.И. Прочность и надежность режущего инструмента. [Текст] - Тбилиси: Сабчота сакартвело, 1973. - 172 с.

6. Артамонов Е.В., Ефимович И.А., Смолин Н.И., Утешев М.Х. Напряженно-деформированное состояние и прочность режущих элементов инструментов / Под ред. М.Х. Утешева. [Текст] – М.: ООО «Недра: Бизнесцентр», 2001. – 199с.: ил.

7. Хаеи Г.Л. Прочность режущего инструмента. - М. [Текст]: Машиностроение, 1975. - 168 с.

8. Петрушин С.И., Бобрович И.М., Корчуганова М.А. Оптимальное проектирование формы режущей части лезвийных инструментов: Учебное пособие. [Текст] – Томск: Изд. ТПУ, 1999. – 91 с.

9. Петрушин С.И. Теоретические основы оптимизации режущей части лезвийных инструментов: дис. докт. техн. наук. [Текст] – Москва, 1995. – 307 с.

10. Моховиков А. А. Измерение силы резания и шероховатости торцевой поверхности при прорезке канавок. [Текст] // Технология металлов. - 2002. - № 12. - С. 24 - 26.

11. Рачковская Г. С. Математическое моделирование и компьютерная визуализации сложных геометрических форм [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона [Электронный ресурс]: электрон. науч.- инновац. журн. – 2013. - № 1. - Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n1y2013/1498>. – Загл. с экрана. – Яз. рус.

