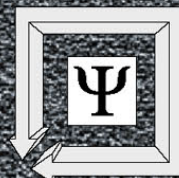


В. И. Аверченков, А. В. Аверченков  
М. В. Терехов, Е. Ю. Кукло

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ



ФЛИНТА



МФСИ



**Аверченков В.И., Аверченков А.В.,  
Терехов М.В., Кукло Е.Ю.**

**АВТОМАТИЗАЦИЯ ВЫБОРА  
РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА  
ДЛЯ СТАНКОВ С ЧПУ**

Монография

2-е издание, стереотипное

Москва  
Издательство «ФЛИНТА»  
2011

УДК 67.05  
А19

Р е ц е н з е н т ы:  
кафедра «Технология машиностроения»  
Белгородского государственного технологического университета,  
д-р техн. наук, проф. *В.П. Федоров*

**Аверченков В.И.**

А19 Автоматизация выбора режущего инструмента для станков с ЧПУ : монография [электронный ресурс] / В.И. Аверченков, А.В. Аверченков, М.В. Терехов, Е.Ю. Кукло. – 2-е изд., стереотип. – М. : ФЛИНТА, 2011. – 151 с.

ISBN 978-5-9765-1250-4

Рассматриваются прогрессивный режущий инструмент, применяемый для механической обработки, основные средства автоматизации выбора инструмента для обработки и расчета режимов резания.

Монография предназначена для руководителей предприятий, преподавателей, аспирантов и студентов технических университетов, а также может быть полезна инженерно-техническим работникам, занимающимся повышением квалификации.

Монография издана на основе исследований по гранту президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-417.2010.8.

УДК 67.05

ISBN 978-5-9765-1250-4

©Издательство «ФЛИНТА», 2011

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	5
1. РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЙ НА СТАНКАХ С ЧПУ..	6
1.1. Режущий инструмент для точения .....	11
1.1.1. Сменные режущие пластины .....	16
1.1.2. Формы сменных режущих пластин.....	17
1.1.3. Виды геометрий сменных режущих пластин.....	19
1.1.4. Системы крепления сменных режущих пластин.....	21
1.1.5. Материалы режущей части современного инструмента на примере материалов фирмы «Sandvik» .....	22
1.2. Режущий инструмент для фрезерной обработки .....	27
1.3. Режущий инструмент для сверлильной обработки .....	31
1.4. Процедуры выбора режущего инструмента для станков с ЧПУ .....	36
1.4.1. Процедура выбора режущего инструмента для токарной обработки .....	36
1.4.2. Процедура выбора режущего инструмента для обработки поверхностей фрезерованием. ....	45
1.4.3. Процедура выбора режущего инструмента для обработки отверстий.....	49
1.5. Режимы обработки на станках с ЧПУ .....	53
1.6. Применяемые методики подбора режущего инструмента на промышленных предприятиях.....	54
2. СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ПО ПОДБОРУ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА И РАСЧЕТУ РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ .....	56
2.1. Программный комплекс Sandvik CoroGuide.....	56
2.2. Программный комплекс Secocut.....	59
2.3. Программный комплекс Iscar Electronic Catalog.....	62
2.4. Программный комплекс Omega Production .....	66
2.5. Программный комплекс KONCUT.....	68
2.6. Система расчета режимов резания САПР ТП «Вертикаль» фирмы «АСКОН».....	71
2.7. Общие особенности программных комплексов по подбору режущего инструмента и расчета режимов резания.....	73
3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРОЦЕДУР ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА .....	74

3.1.	Представление информации о режущем инструменте для токарной обработки .....	75
3.2.	Определение формы режущей пластины.....	80
3.3.	Выбор типа державки.....	86
3.4.	Выбор заднего угла пластины.....	90
3.5.	Выбор радиуса при вершине .....	93
4.	<b>СИСТЕМА A-CUT ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ВЫБОРА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ И РАСЧЕТА РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ</b> .....	96
4.1.	Структура и возможности системы A-Cut.....	96
4.2.	База данных инструмента и режимов резания системы A-Cut.....	99
4.3.	Настройка системы A-Cut.....	107
4.4.	Процедура подбора инструмента и режимов резания в системе A-Cut .....	122
4.4.1.	Подбор инструмента и режимов резания по чертежу в формате IGES.....	122
4.4.2.	Подбор инструмента и режимов резания по модели детали, созданной в Pro/E .....	129
4.5.	Возможности развития системы A-Cut.....	134
4.6.	Требования к аппаратному и программному обеспечению, предъявляемые системой A-Cut.....	134
	<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ</b> .....	136
	<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ</b> .....	137
	Приложение А .....	144
	Приложение Б .....	148

## 1.1. РЕЖУЩИЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ ТОЧЕНИЯ

Основными инструментами при токарной обработке являются резцы. В зависимости от характера обработки резцы бывают черновые и чистовые. По форме и расположению лезвия относительно стержня резцы подразделяют на прямые, отогнутые и оттянутые. У оттянутых резцов ширина лезвия обычно меньше ширины крепежной части. Лезвие может располагаться симметрично. По назначению токарные резцы разделяют на проходные, расточные, подрезные, отрезные, фасонные, резьбовые и канавочные. Основные типы резцов, используемых при обработке на станках с ЧПУ, представлены в табл. 1.1

По конструкции различают резцы цельные, изготовленные из одной заготовки, составные (с неразъемным соединением его частей), с припаянными пластинами, с механическим креплением пластин.

Державки резцов обычно изготавливают из конструкционных сталей 40, 45, 50 и 40Х с различным сечением: квадратным, прямоугольным, круглым и др. Резцы с механическим креплением твердосплавных пластин имеют значительные преимущества перед напайными резцами, так как при такой конструкции предотвращается возможность появления трещин в пластике при напайке, удлиняется срок службы крепежной части резца.

Многогранные режущие пластины изготавливают с тремя, четырьмя, пятью и шестью гранями. Для того чтобы создать положительный угол на передней поверхности пластины, вдоль режущих кромок делают лунки и фаски методом прессования с последующим спеканием.

Чтобы обеспечить требуемую точность и качество поверхности детали при сохранении высокой производительности, необходимо правильно выбрать геометрию резца. Важную роль здесь играют углы в плане (рис. 1.1). Углами в плане называются углы между режущими кромками резца и направлением подачи: ( $\phi$  — главный угол в плане,  $\phi_1$  — вспомогательный угол в плане,  $e$  — угол при вершине ( $e = 180^\circ - \phi - \phi_1$ ). Углы  $\phi$  и  $\phi_1$  зависят от заточки и установки резца, а угол  $e$  — только от заточки.

Таблица 1.1

Основные типы резцов, используемых при обработке заготовок деталей на станках с ЧПУ

Тип резцов	Форма рабочей части	Направление рабочих перемещений	Область применения
Проходной			Наружное обтачивание, проточка торцов, проточка выточек, снятие фасок
Упорно-проходной			Позволяет обтачивать детали по цилиндру, обрабатывать радиусные и переходные поверхности и протачивать торцы движением от центра детали к наружному диаметру
Контурный			Позволяет обтачивать детали по цилиндру, протачивать обратный конус с углом спада до $30^0$ , обрабатывать радиусные и переходные поверхности и протачивать торцы движением от центра детали к наружному диаметру
Контурный			Позволяет обтачивать детали по цилиндру, обрабатывать полусферические поверхности и конусы с углом спада до $57^0$
Канавочный (отрезной)			Точение канавок, цилиндрическое протачивание дна канавки с осевой подачей, точение фасок

При малом угле  $\varphi$  в работе участвует большая часть режущей кромки, улучшается отвод теплоты, повышается стойкость резца. При большом угле  $\varphi$  работает меньшая часть режущей кромки, поэтому стойкость резца снижается. При обработке длинной и тонкой заготовки, когда возникает опасность ее прогиба, применяют резцы с большим углом  $\varphi$ , так как при этом отжимающее усилие будет меньше. Для формоизменения заготовок большого диаметра выбирают  $\varphi = 30-45^\circ$ , для тонких (нежестких) —  $\varphi = 60-90^\circ$ .

Вспомогательный угол  $\varphi_1$  — угол между вспомогательной кромкой и направлением подачи. Если  $\varphi_1$  мал, то из-за некоторого отжима резца вспомогательная кромка врезается в обработанную поверхность и портит ее.

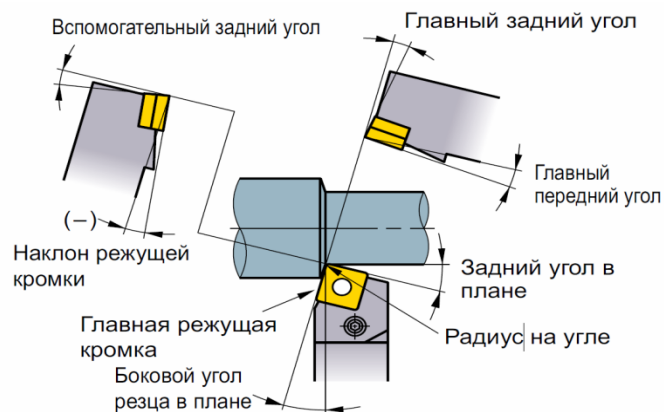


Рис. 1.1. Углы резцов в плане

Большой угол  $\varphi_1$  неприемлем из-за ослабления вершины резца. Обычно  $\varphi_1 = 10-30^\circ$ . Проходные прямые и отогнутые резцы применяют для обработки наружных поверхностей. Для прямых резцов обычно  $\varphi = 45-60^\circ$ , а  $\varphi_1 = 10-15^\circ$ .

У проходных отогнутых резцов углы в плане  $\varphi = \varphi_1 = 45^\circ$  (рис. 1.2). Эти резцы работают как проходные при продольном движении подачи и как подрезные при поперечной подаче. Для одновременной обработки цилиндрической поверхности и торцевой плоскости применяют проходные упорные резцы, работающие с продольным движением подачи. Главный угол в плане  $\varphi = 90^\circ$ .

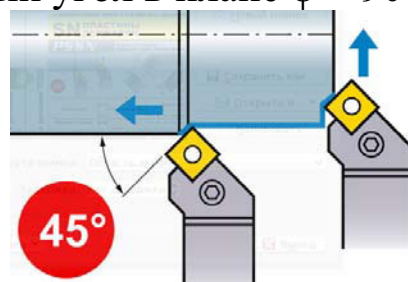


Рис. 1.2. Проходной резец



Подрезные резцы (рис. 1.3) применяют для подрезания торцов заготовок. Они работают с поперечной подачей по направлению к или от центра заготовки.



Рис. 1.3. Подрезные резцы

Отрезные резцы (рис. 1.4) применяют для разрезания заготовок на части, отрезания заготовки и протачивания канавок. Они работают с поперечным движением подачи. Отрезной резец имеет главную режущую кромку, расположенную под углом  $\varphi = 90^\circ$  и две вспомогательные с углами  $\varphi = 1-2^\circ$ . Кроме того, такие резцы могут протачивать пазы на торцах деталей и протачивать наружные канавки (рис. 1.5).



Рис. 1.4. Фотография отрезного резца

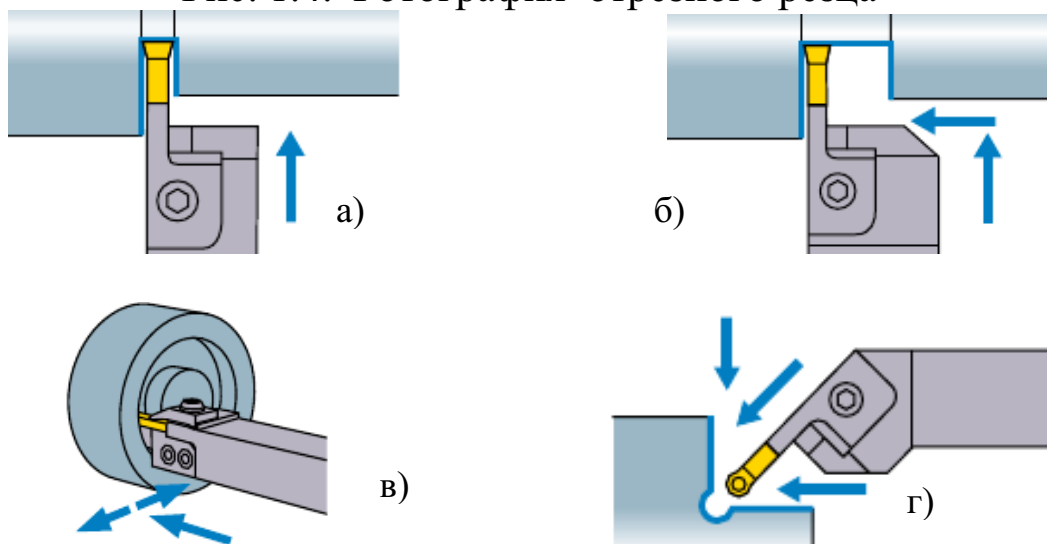


Рис. 1.5. Схемы использования отрезных резцов: а, б – для прорезания канавок; в – для прорезания пазов на торце; г – для точения канавок

Расточные резцы (рис. 1.6) используют для растачивания отверстий, полученных предварительно или просверленных. Применяют два типа расточных резцов: проходные - для сквозного растачивания, упорные — для глухого. Они различаются формой лезвия. У проходных расточных резцов  $\varphi = 45-60^\circ$ , а у упорных — угол  $\varphi$  несколько больше  $90^\circ$ .

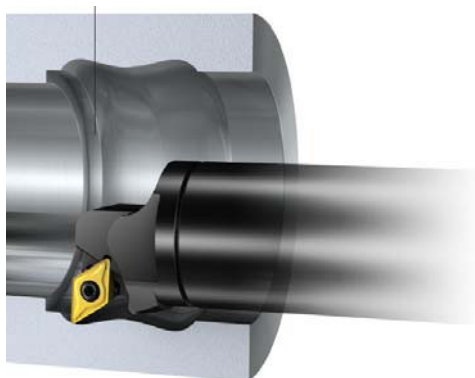


Рис. 1.6. Расточной резец

Фасонные резцы применяют для обработки коротких фасонных поверхностей с длиной образующей линии до 40 мм. Форма режущей кромки фасонного резца соответствует профилю детали. По конструкции такие резцы подразделяют на стержневые, круглые, призматические, а по направлению движения подачи — на радиальные и тангенциальные. На токарновинторезных станках фасонные поверхности обрабатывают, как правило, стержневыми резцами, закрепленными в резцедержателе станка.

Резьбовые резцы (рис. 1.7) служат для формирования резьб любого профиля: прямоугольного, треугольного, трапецеидального. Форма режущих лезвий соответствует профилю и размерам поперечного сечения резьбы.

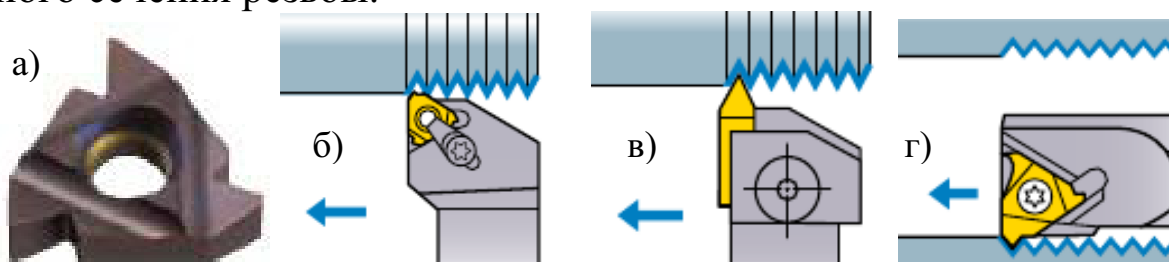


Рис. 1.7. Инструмент для нарезания резьбы: а – изображение сменной пластины; б, в – резцы для нарезания внешней резьбы; г - резцы для нарезания внутренней резьбы

Для мелкоразмерной обработки производителями выпускается специализированный инструмент, позволяющий проводить различные виды обработки детали (рис. 1.8).

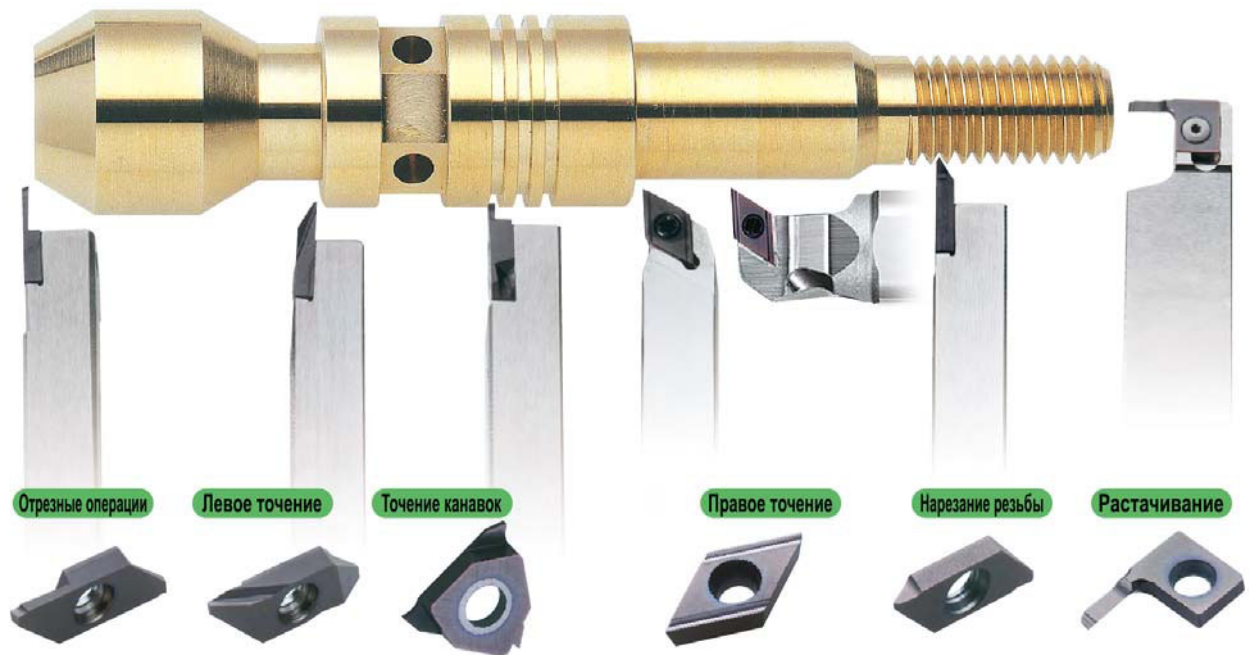


Рис. 1.8. Инструмент для различных видов мелкоразмерной обработки

### 1.1.1. Сменные режущие пластины

К унифицированным узлам прогрессивного инструмента относятся сменные режущие пластины (СРП), узлы крепления СРП и резцовые вставки.

Форма СРП описывается рядом параметров стандартизированных по ISO 1832–1991:

- 1) форма пластины;
- 2) задний угол;
- 3) класс допуска пластины;
- 4) тип пластины (обозначение фиксации);
- 5) размер пластины (длины режущей кромки);
- 6) толщина пластины;
- 7) величина радиуса при вершине;
- 8) тип (обозначение) режущей кромки;
- 9) исполнение пластины (обозначение направления резания);
- 10) ширина фаски или обозначение стружколома;
- 11) угол фаски.

Код ISO состоит из девяти полей, поля 8 и 9 используются при необходимости. Дополнительно производитель может добавить еще два символа.



Обозначения формы и заднего угла СРП для точения приведены на рис. 1.9.



























Обозначение	Форма пластины		Обозначение	Стандартный угол	
<b>H</b>	Шестигранная		<b>A</b>	3°	
<b>O</b>	Восьмигранная		<b>B</b>	5°	
<b>P</b>	Пятигранная		<b>C</b>	7°	
<b>S</b>	Квадратная		<b>D</b>	15°	
<b>T</b>	Треугольная		<b>E</b>	20°	
<b>C</b>	Ромбическая 80°		<b>F</b>	25°	
<b>D</b>	Ромбическая 55°		<b>G</b>	30°	
<b>E</b>	Ромбическая 75°		<b>N</b>	0°	
<b>F</b>	Ромбическая 50°		<b>P</b>	11°	
<b>M</b>	Ромбическая 86°		<b>O</b>	Другие значения углов	
<b>V</b>	Ромбическая 35°				
<b>W</b>	Тригональная				
<b>L</b>	Прямоугольная				
<b>A</b>	Ромбическая 85°				
<b>B</b>	Ромбическая 82°				
<b>K</b>	Ромбическая 55°				
<b>R</b>	Круглая				

Рис. 1.9. Обозначение формы пластины и заднего угла

а - обозначение формы пластины; б - обозначение заднего угла

Области применения СРП различных форм и размеров различаются в зависимости от толщины срезаемой стружки. Принимается, что чистовые операции выполняют с подачами  $F=0,1...0,3$  мм/об и глубинами резания  $t=0,5-2,0$  мм, получистовые с  $F=0,2...0,5$  мм/об и  $t=1,5...5,0$  мм и черновые с  $F=0,5...1,5$  мм/об и  $t=5...15$  мм.

### 1.1.2. Формы сменных режущих пластин

Выбор формы СРП зависит от типа операции. Форма СРП выбирается в соответствии с необходимым главным углом в плане и с учетом возможности обработки труднодоступных поверхностей детали. Для обеспечения прочности режущей вершины и соответствен-

но экономической эффективности обработки следует выбирать режущую пластину с наибольшим углом при вершине из возможных (рис. 1.10). Универсальность инструмента определяется, в первую очередь, формой пластины.









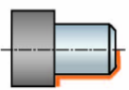
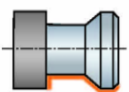
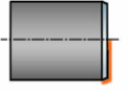
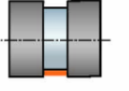
	80°	55°	-	90°	60°	80°	35°	55°
								
	••	•	•	•	•	•		•
		••	•		•		•	•
	•	•	•	••	•	•		•
			••		•			

Рис. 1.10. Выбор формы пластины для наружной обработки:

- рекомендуемая форма пластины;

- альтернативная форма пластины

Большой угол при вершине пластины обеспечивает ее прочность, но в то же время требует большей мощности оборудования и повышает склонность к вибрациям, так как увеличивается длина контакта инструмента с заготовкой. Маленький угол при вершине ослабляет режущий клин, уменьшает длину контакта и ухудшается отвод тепла, что может привести к перегреву режущей кромки. Каждая пластина имеет определенную эффективную длину режущей кромки, которая определяет возможную величину глубины резания. На рис. 1.11 представлена зависимость прочности пластин от их формы. На первой шкале стрелка S направлена в сторону пластин с большим углом при вершине и соответственно более прочных, а стрелка A направлена в сторону более универсальных пластин. На второй шкале стрелка

$V$  показывает направление возрастания у пластин склонности к вибрациям, а стрелка  $P$  – уменьшения потребляемой мощности.

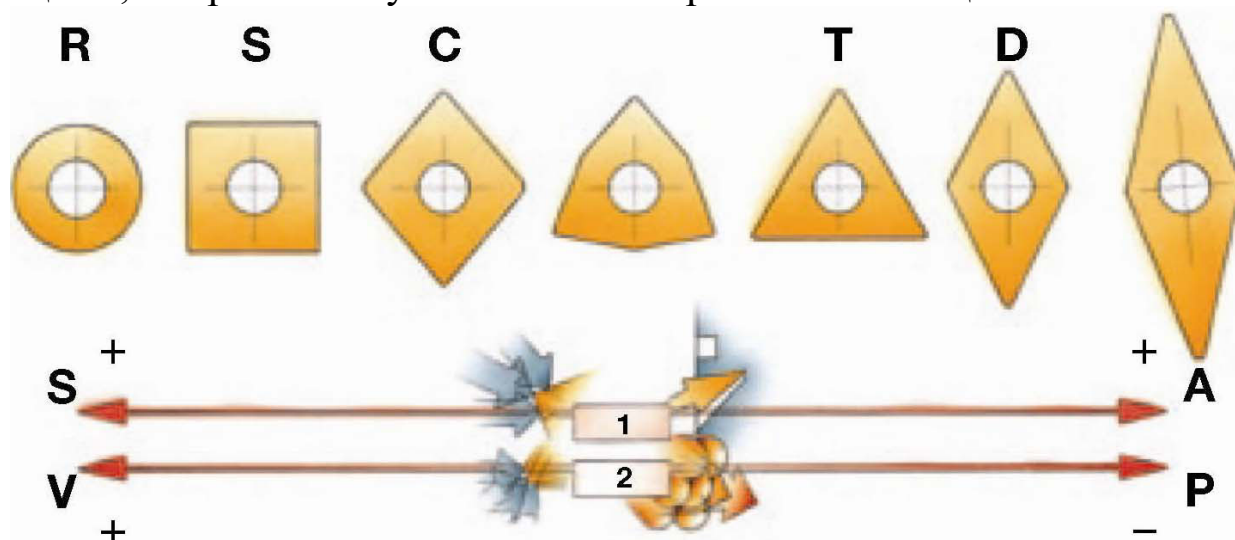


Рис. 1.11. Влияние формы пластины на ее прочность

### 1.1.3. Виды геометрий сменных режущих пластин

Процесс резания в большой степени определяется геометрией инструмента. Основным предназначением геометрии инструмента является осуществление резания различных типов материалов с формированием удовлетворительной стружки, при этом она должна обеспечивать прочность режущего клина и выполнять стружколомающую функцию. У большинства пластин вершина сочетает функцию стружкодробления со способностью обеспечивать низкие усилия резания, а режущая кромка позволяет вести обработку с большой глубиной резания. Каждая геометрия пластины предназначена для работы в конкретной рабочей области, определяемой подачей и глубиной резания.

Одной крайностью является передняя поверхность, которая будет работать в диапазоне малых подач и глубин резания (чистовая геометрия), другой – способная обеспечить работу с большими величинами подач и глубин (черновая геометрия). Между ними располагаются универсальные геометрии, охватывающие широкую область обработки на средних режимах для большого числа операций. Для чистовых операций особенно важна форма передней поверхности непосредственно у режущей вершины, в то время как для черновых операций в формировании стружки участвует большая часть всей поверхности пластины.