

## НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ТОРЦОВЫХ ФРЕЗ С БОКОВОЙ УСТАНОВКОЙ БЫСТРОСМЕННЫХ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫХ ПЛАСТИН И МНОГОГРАННЫЕ ПЛАСТИНЫ ДЛЯ ИХ ОСНАЩЕНИЯ

Настасенко В.А., Блах И.В. (ХГМИ, г. Херсон, Украина)

*This paper concerns to area of mechanical engineering and metal working, in particular – to modular face mills with mechanical fastening there are a lot of sides of plates, which are not sharpened, and also to rotary quickly replaced cutting plates for their equipment. The new designs of mills and plates in them are given, which cost, in account on one cutting edge, in 2... 3 times is less than cost of plates which is let out by concern Sandvik Coromant.*

Работа относится к области металлообработки, в частности – к сборным торцовым фрезам с механическим креплением многогранных неперетачиваемых пластин, а также к поворотным быстросменным режущим пластинам для их оснащения.

**Актуальность, практическая значимость и научная новизна работы.** Торцовые фрезы с механическим креплением многогранных неперетачиваемых пластин (МНП) в настоящее время относят к наиболее прогрессивным видам инструмента. Объясняется это снижением времени замены затупившихся режущих кромок и наладки инструмента на требуемый размер обработки детали за счет поворота или переустановки только пластин, без снятия фрезы со станка, удобством крепления пластин, а также высокой прочностью и жесткостью фрез, что повышает их производительность.

Наиболее часто МНП применяют в автоматических линиях и станках с ЧПУ. Их появление относят к 1955 году в США, где автоматические линии получили наиболее широкое применение [1]. С тех пор, в общем объеме выпускаемых инструментов, их доля постоянно растет, и в США она достигла 80%. В Европе выпуск МНП впервые был освоен в 1956 году Шведской фирмой Sandvik Coromant [1], которая сохраняет свои лидирующие позиции до настоящего времени, охватив с 1992 рынок стран СНГ.

В СССР МНП стали применять с 60-х годов XX века, однако в странах СНГ их

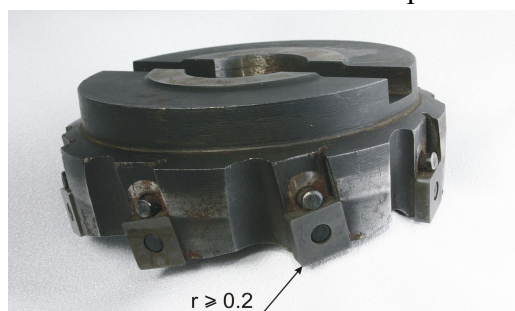


Рис.1. Черновая торцовая фреза Сестрорецкого инструментального завода с боковым механическим креплением многогранных неперетачиваемых пластин для тангенциальной схемы резания

доля пока ограничена величиной от 25 до 40%, остальную часть составляют напайные пластины и созданные на их базе инструменты, что не отвечает мировым тенденциям и требует коренного улучшения сложившейся ситуации. Это подтверждает актуальность и важность выполнения работ по дальнейшему развитию инструментов с механическим креплением неперетачиваемых пластин, в частности – торцовых фрез, что является целью данной работы. Ее научную новизну составляет усовершенствование торцовых фрез с боковым креплением МНП и разработка режущих пластин для их оснащения.

**Анализ состояния проблемы и постановка задач исследования.** Среди торцовых фрез значительную часть составляют сборные конструкции с МНП. В большинстве – это торцовые фрезы с радиальной установкой пластин [2], что объясняется удобством их

крепления. Однако, по аналогии с токарными резцами, распространение получили также торцовые фрезы с тангенциальной схемой резания, пример которых приведен на рис. 1:

Как и у резцов, достоинством реализуемой в данных фрезах тангенциальной схемы резания, является возможность увеличения сечения среза, т.к. направлению сил резания противодействует значительно большая, чем при радиальной схеме резания, толщина пластин. Однако, для подобных конструкций фрез, применение стандартных пластин ГОСТ 19043-80 ... ГОСТ 19081-80, ГОСТ 24247-80...ГОСТ 24257-80 [2] со значительной величиной радиуса округления вершинной режущей кромки  $r$  от 0,2 до 2,4 мм, ведет к увеличенным силам резания у корня срезаемой стружки, поскольку при толщине стружки  $t < r$  ее срезание невозможно, по причине больших отрицательных передних углов, что ведет к ее смятию. Это увеличивает работу резания и адекватно увеличивает количество тепла, влияющее на стойкость инструмента, что вынуждает снижать режимы резания. Кроме того, ухудшается качество обработки, что исключает применение таких фрез для чистового фрезерования. Таким образом, торцовые фрезы с боковой установкой МНП (рис. 1), применяются для обработки уступов на плоскости детали, или для черновой обработки со значительной толщиной срезаемого припуска.

Устранение указанных недостатков является главной задачей данной работы.

Другим недостатком подобных инструментов является их относительно высокая стоимость, особенно – для зарубежных производителей. При этом значительную долю в их стоимости составляет стоимость режущих пластин. Например, для базовой фрезы Сестрорецкого инструментального завода (рис. 1), цена корпуса составляет около 100 \$ и при его многократном использовании адекватно уменьшается, а цена 8-ми пластин для ее оснащения, производства концерна Sandvik Coromant, стоимостью от 12 до 16 \$ за штуку, составляет 96...128 \$ [3], что резко увеличивает себестоимость отечественного производства продукции. Эта причина является главным сдерживающим фактором для более широкого распространения пластин концерна Sandvik Coromant в СНГ, особенно среди мелких производителей продукции, которых в нем большинство. Объясняется это тем, что в реальном отечественном промышленном производстве твердость заготовок может колебаться в значительных пределах, станочный парк и оснастка в большинстве своем изношены до предельных норм, что влияет на чрезмерный износ пластин, а главное – существует высокая вероятность случайной поломки дорогостоящих пластин и инструмента по вине рабочего.

Устранение указанных недостатков является второй задачей данной работы.

**Поиск путей решения поставленных задач** связан с анализом причин, ведущих к появлению указанных недостатков.

Первой из причин является изношенность станочного парка практически на всех предприятиях СНГ, что требует его замены, однако данная задача относится в основном не к технической, а к экономической сфере, что выходит за рамки выполняемой работы.

Второй из причин является весьма низкая культура производства, что требует ее повышения не только на кадровом уровне, но и за счет обновления оборудования на всех участках, однако данная задача также выходит за рамки выполняемой работы.

Третьей из причин являются недостаточные объемы производства продукции, что требует их увеличения до такого уровня, при котором заточка и переустановка инструмента приведет к значительным затратам материальных и трудовых ресурсов и станет невыгодной, однако эта задача также выходит за рамки выполняемой работы.

Четвертой из причин является высокая стоимость режущих пластин, что требует ее снижения, решение этой задачи входит в рамки выполняемой работы.

*Новое решение поставленных задач.* Устранение четвертой причины возможно различными путями:

- 1) увеличением количества режущих кромок, что адекватно уменьшит удельную стоимость пластин в расчете на 1 режущую кромку;
- 2) увеличением прочности пластин, что уменьшит возможность их поломок;
- 3) переходом к тангенциальной и боковой схемам резания, что увеличивает размеры пластин в направлении действия нагрузки;
- 4) снижением сил резания, что уменьшит нагрузку на пластины;
- 5) уменьшением размеров пластин за счет повышения их прочности и снижения сил резания, что ведет к уменьшению количества входящего в них инструментального материала, составляющего главную долю в стоимости современных твердосплавных пластин концерна Sandvik Coromant.

Для реализации первого пути определенный интерес представляет производство восьмигранных и круглых пластин, но их работа при боковой установке затруднена.

Второй путь, на современном уровне производства пластин высокого качества, достигнутом в концерне Sandvik Coromant, практически исчерпал свои возможности, что требует перехода к новым материалам и новым технологиям их спекания, но эта задача также выходит за рамки выполняемой работы.

Третий путь успешно реализован в конструкции фрезы (рис. 1), однако требует устранения указанного выше недостатка – устранения переходного радиуса сопряжения боковых сторон у вершин пластины, что связывает его с четвертым путем, без решения которого возможности резания при боковой установке пластин ограничены.

Четвертый путь успешно реализован в конструкциях торцовых фрез и пластин, защищенных патентом Российской Федерации № 2318634 [4] и показанных на рис. 2...6.

На рис. 2.а...к показаны варианты исполнения пластин для нового вида фрез. При этом все основные конструктивные и геометрические параметры пластин: - форма, количество режущих граней, диаметр вписанной окружности  $d$ , диаметр отверстия  $d1$ , длина режущего лезвия  $l$ , толщина  $s$ , угол профиля, при вершине  $\xi$ , составляющий  $60^\circ$  у трехгранных пластин,  $80^\circ$  у трехгранных пластин с выступами в средней части,  $90^\circ$  у квадратных пластин,  $108^\circ$  у пятигранных,  $120^\circ$  у шестигранных,  $135^\circ$  у восьмигранных – адекватны стандартным. Отличиями является лишь выполнение на боковых сторонах у вершин многогранных пластин (а...е), или по периметру у круглых пластин (ж...к), на всей их толщине  $s$ , режущих канавок 1 с радиусом  $r_k$  профиля в поперечном сечении. Радиус  $r_k$  может иметь любые значения, в диапазоне от стандартных размеров  $r$ : -  $r_{min} = 0,2...2,4$  мм, до  $r_{max} \approx s$ , а его соединение с режущими кромками целесообразно под углом  $\approx 90^\circ$ , что исключает появление на кромках усилий растяжения, возникающих в процессе резания и наиболее опасных для твердосплавных пластин. Кроме этого, для облегчения процесса резания, у круглых пластин стружечные канавки могут иметь наклон к оси под углом  $\gamma_n$  (з), что улучшает плавность врезания, уменьшает толщину срезаемой стружки и возникающие при этом силы резания, а для повышения стабильности движения фрезы, установка пластин в пазах корпуса может выполняться в шахматном порядке, или сами канавки могут быть выполнены с противоположными углами наклона  $\pm \gamma_n$  в шахматном порядке (и). Для всех приведенных видов пластин возможно также округление углов в поперечном сечении до радиуса  $r_k$  (к) со стороны врезания, что увеличивает длину режущих кромок, снижает удельную нагрузку на них при резании, а также улучшает распределение отвода тепла и повышает их стойкость, что является резервом для повышения режимов резания. Однако величина  $r_k$  не должна превышать переходного радиуса, формуемого фрезой при обработке уступов.

Получение всех показанных на рис. 2 видов стружечных канавок возможно при прессовании пластин, а для полного исключения переходных радиусов сопряжения выемок-канавок с боковыми сторонами, необходимо дополнительное шлифование или

выемок, или боковых поверхностей пластин на всю их длину, или только у режущих кромок. В единичном производстве возможна полная вышлифовка выемок на вершинах базовых пластин, однако это сильно удорожает их производство и увеличивает расход шлифовальных кругов, для уменьшения которых предпочтительно электрохимическое шлифование. Симметричная форма пластин и выемок-канавок, формирующих две режущие кромки, позволяет выполнять переустановку пластин на другую опорную поверхность после износа режущих кромок с одной стороны, что в 2 раза увеличивает их количество и адекватно снижает стоимость пластин в расчете на 1 режущую кромку.

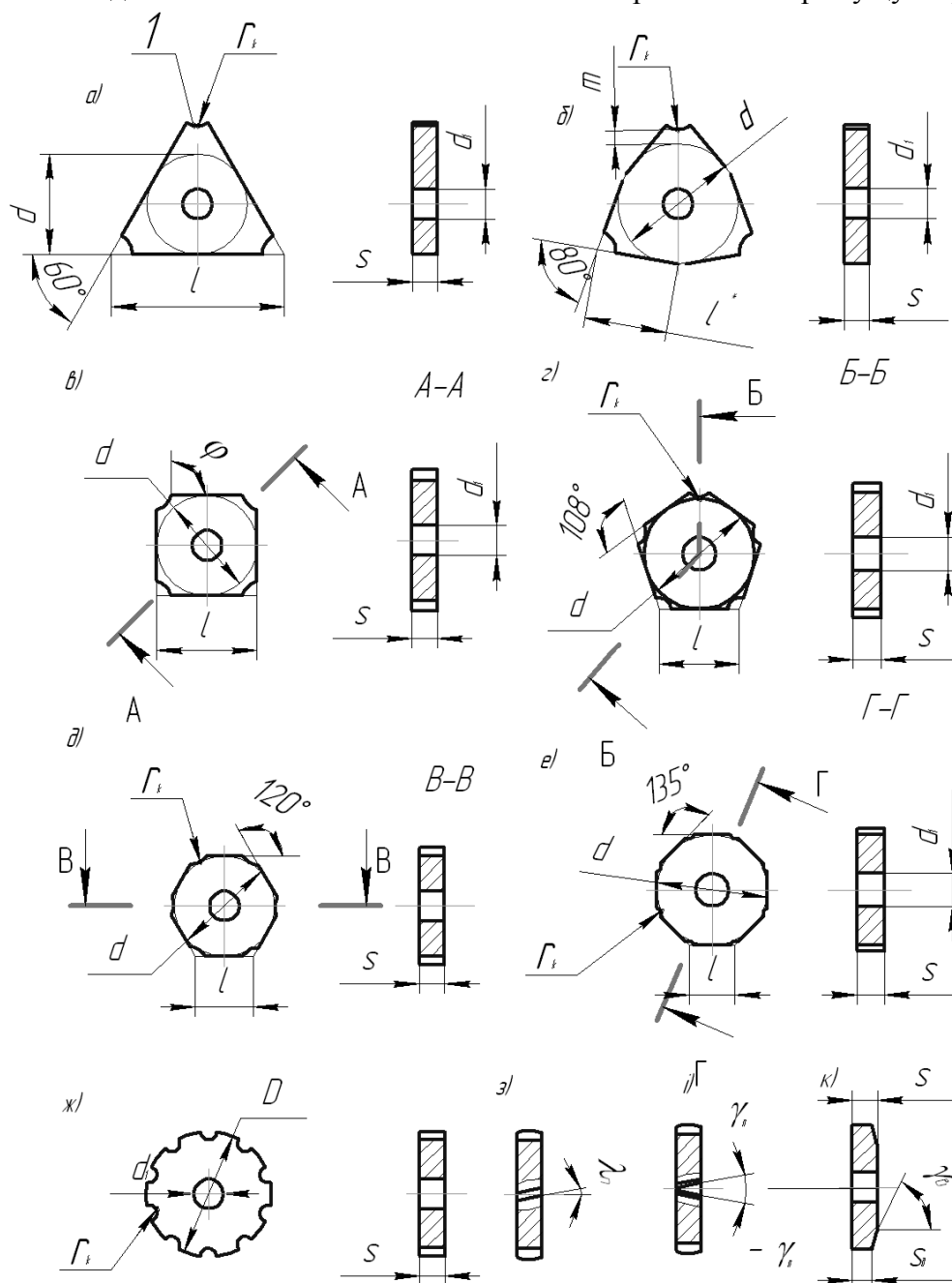


Рис. 2. Предлагаемые варианты исполнения МНП с отверстиями и дугowymi выемками-стружечными канавками на боковых сторонах у вершин режущих кромок

На рис. 3.а...к приведены аналогичные исполнения пластин, которые отличаются от предыдущих исключением у них центрального отверстия диаметром  $d_1$ .

Принципы работы предложенных пластин не отличаются от работы базовых, как по установке их во фрезы, так и по движениям резания. Однако отличия возникают при срезании ими стружки, которая отделяется от обрабатываемой поверхности изделия дополнительно сформированными режущими кромками выемок-стружечных канавок с минимальными переходными радиусами, полученными при дополнительной шлифовке режущих кромок с боковой стороны, или со стороны выемок-стружечных канавок, что уменьшает силы резания в корне стружки. Стружка далее автоматически перемещается по внутренней поверхности этих выемок, что может способствовать либо ее дроблению, либо завиванию, при адекватно подобранных радиусах кривизны выемок и радиусах завивания стружки. Кроме этого, сходящая по выемке стружка может самозатачивать ее противоположную сторону, изношенную по передней и задней поверхности лезвия.

Изготовление предлагаемых пластин с выемками на боковых сторонах у вершин возможно в реальных промышленных условиях, поскольку технология их прессования отличается от базовых только выполнением этих выемок и последующей заточкой созданных этой выемкой режущих кромок. При этом обеспечивается положительный эффект, который заключается в улучшении условий срезания стружки, что позволяет уменьшить силы резания и нагрузки на пластины, в т.ч. на все элементы их крепления на фрезе. В результате этого размеры пластин могут быть уменьшены в 1,4...1,5 раза, с выходом к предыдущим стандартным размерам, что автоматически уменьшает расход твердого сплава до 2-х раз и снижает их общую цену на 40...45%.

Другим отличием предлагаемых пластин является увеличение их толщины в направлении действия сил резания за счет боковой установки на корпусе, что повышает их прочность и позволяет, либо повысить технологические режимы фрезерования на 20...30%, либо дополнительно уменьшить размеры пластин и их стоимость.

На рис. 4.а...к приведены новые конструкции режущих пластин. При этом в треугольных (а, б), треугольных с выступами (в, г), ромбических (д...з) и квадратных пластинах (и, к) стандартного типа с радиусом  $r$  соединения боковых режущих кромок у вершин, этот радиусный участок исключен за счет дополнительной заточки лысок 2 в асимметричном (а, в, д, е, и) и лысок 3, 4 в симметричном (б, м, е, з, к) исполнениях.

Размеры и наклон лысок обусловлены величиной радиуса  $r$  и углом соединения режущих кромок при вершине  $\varphi_s \approx 90^\circ$ , что исключает появление на лезвиях пластин растягивающих напряжений, опасных для твердых сплавов. При этом асимметричная заточка лысок (а, в, д, е, и) более технологична, поскольку выполняется лишь по одной режущей кромке, связанной с вершиной, а их дополнительным преимуществом является возможность сохранения установки на одну и ту же сторону при заточке и резании, что обеспечивает принципы единства и постоянства баз. Однако при симметричной заточке лысок 3 и 4 (б, м, е, з, к), уменьшается объем сошлифовываемого инструментального материала, что сокращает время на выполнение заточки.

На рис. 5.а...к приведены аналогичные варианты выполнения пластин с лысками, которые отличаются от предыдущих отсутствием центрального отверстия, что создает им дополнительное преимущество в виде повышения прочности.

При этом в производстве пластин дополнительная заточка лысок является их единственным отличием от базового варианта, т.к. возникает потребность в устранении переходных радиусов, неизбежно получаемых при прессовании, однако их выполнение возможно в реальных промышленных условиях современного производства.

Кроме упрощения технологии изготовления лысок за счет открытого доступа кругов при дополнительной заточке, они обеспечивают возможность окончательной

заточки по задней поверхности пластин фрезы в сборе, что повышает их точность и обеспечивает равномерную загрузку пластин при резании, особо важную для чистовых фрез. Они также дают новый полезный эффект по сравнению с выемками-стружечными канавками – беспрепятственное размещение и сход стружки по передней поверхности.

Конструкция базовой фрезы (рис.1) с предлагаемой дополнительной заточкой ромбических пластин, показана на рис. 6.

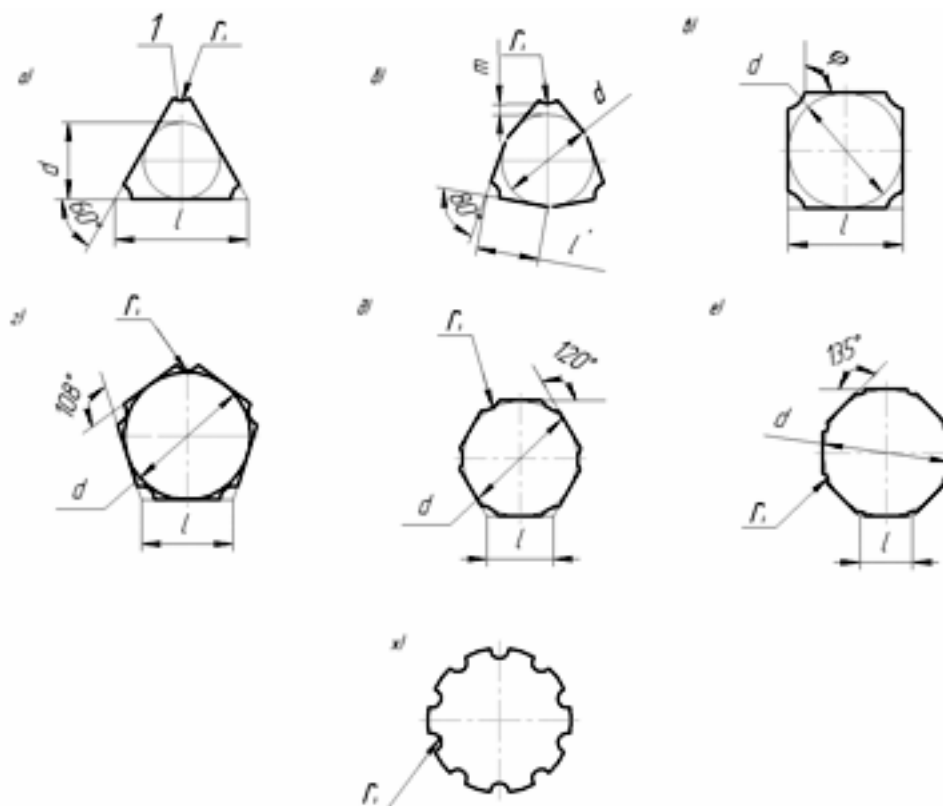


Рис. 3. Предлагаемые варианты исполнения МНП без отверстий с дуговыми выкружками-стружечными канавками на боковых сторонах у вершин режущих кромок

Еще одним преимуществом предлагаемой заточки пластин (в индивидуальном и мелкосерийном производстве для предприятий, экономящих средства на покупке пластин) является возможность использования отработанных пластин, с изнашиванием задних поверхностей или вершинных режущих кромок, в т.ч. от других инструментов, при последующей дополнительной заточке на них лысок или выкружек.

**Заключение.** Конкретные варианты выполнения предлагаемых фрез и пластин зависят от реальных условий их работы. При этом конструктивные и геометрические параметры рабочих пластин уменьшенных размеров могут иметь стандартные значения из предыдущего ряда размеров, что облегчает их выбор и конструирование новых фрез в целом.

Применение пластин меньших размеров обеспечивает требуемую прочность, поскольку выполнение дополнительной заточки у вершин снижает силы резания. При этом обеспечивается значительный экономический эффект за счет снижения стоимости пластин, который растет с увеличением их количества во фрезе.

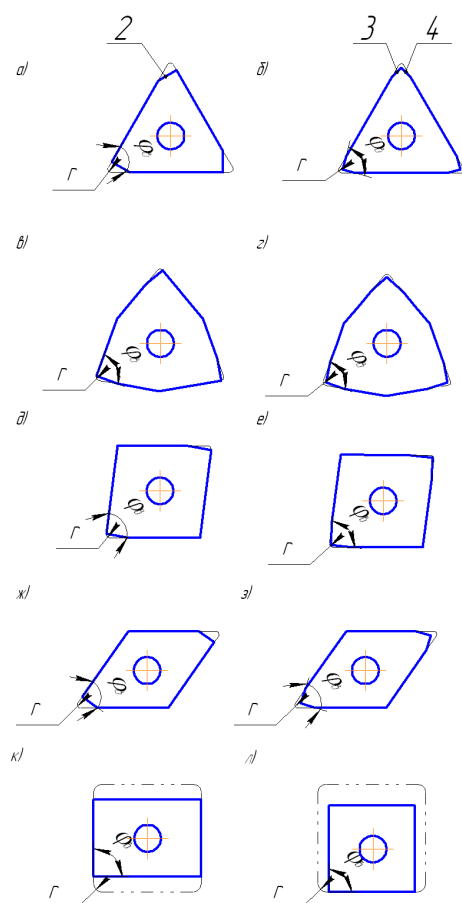


Рис 4. Предлагаемые варианты исполнения МНП с отверстиями и лысками на боковых сторонах у вершин режущих кромок

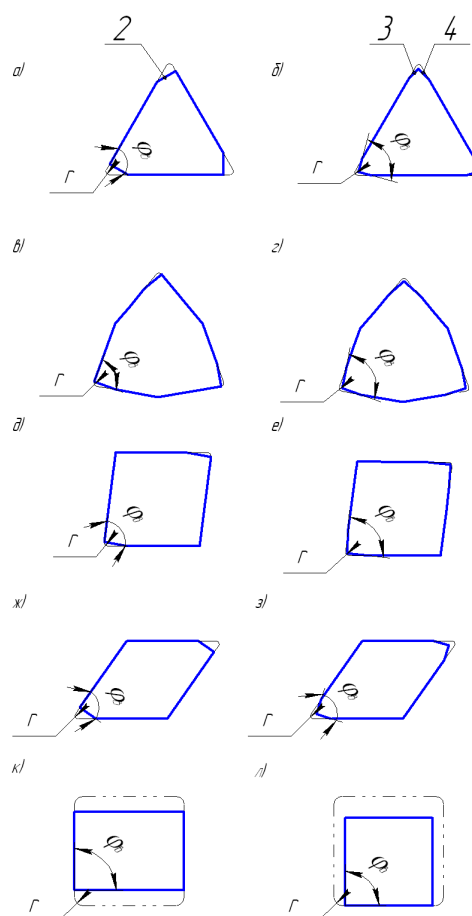


Рис.5. Предлагаемые варианты исполнения МНП без отверстий с лысками на боковых сторонах у вершин режущих кромок

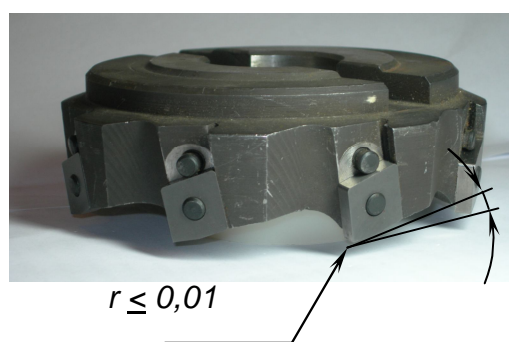


Рис. 6. Базовая торцовая фреза Сестро-рецкого инструментального завода с боковой установкой ромбических пластин  $80^\circ$ , имеющих дополнительную заточку с лысками, уменьшающими радиус сопряжения боковых режущих кромок до 0,01 мм

стоимость, в расчете на одну режущую кромку. Еще более эффективными при эксплуатации являются фрезы с шестигранными пластинами без задних углов и отверстий,

Наиболее простой в изготовлении является конструкция фрезы с ромбическими пластинами без задних углов и отверстий, с лысками у вершин, имеющих острые углы в плане. Однако количество переустановок таких пластин, по сравнению с исходными квадратными, сокращается в 2 раза. При выполнении у вершин выкружек, указанный недостаток устраняется за счет возможности установки пластин на противоположную сторону. У квадратных пластин с выкружками-стружечными канавками возможность переустановок возрастает в 2 раза, что адекватно уменьшает их

имеющие выкружки-стружечные канавки, которые обеспечивают свободный сход стружки и возможность установок на обе опорные стороны в 12-ти позициях, либо восьмигранные, имеющие возможность 16 переустановок, которые могут быть еще увеличены у круглых пластин. Однако по условиям размещения и схода стружки более целесообразными являются фрезы с квадратными пластинами и выемками, обеспечивающие 8 переустановок, что снижает затраты на пластины, даже при увеличении стоимости их изготовления за счет выполнения дополнительной заточки режущих кромок.

Необходимо также учесть, что технологические режимы для предлагаемых фрез, по сравнению с базовыми, могут быть повышены еще на 25...35 % за счет значительной толщины при боковой установке режущих пластин и снижения сил резания, однако данный резерв может быть использован для уменьшения размеров пластин и снижения их стоимости.

Наиболее надежный вариант крепления пластин на корпусе фрезы обеспечивает специальная форма гнезда и использование клиньев с упором в боковую сторону пластин, которые вводят в клиновые канавки на торцевой поверхности корпуса при завинчивании их винтами (патент Российской Федерации № 2318634 [4]). Чистовой вариант обработки изделий предлагаемыми фрезами обеспечивается впервые.

Предлагаемые фрезы и пластины к ним могут быть дешевле выпускаемых ныне концерном Sandvik Coromant на 40...45%, что повышает их конкурентоспособность на рынке СНГ и рынках других стран мира.

Совокупность приведенных данных подтверждает целесообразность скорейшего широкого применения предложенных фрез и пластин к ним. В настоящий период экспериментальная партия предложенных торцевых фрез и пластин к ним изготовлена и испытывается в АО "Херсонский завод карданных валов".

**Список литературы:** 1. Технология и свойства спеченных твердых сплавов и изделий из них /Панов В.С., Чувилин В.М. –М.: "МИСИС", 2001. 428 с. 2. Справочник инструментальщика /И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 846 с. 3. Каталог продукции концерна Sandvik Coromant 2006 года. 4. Патент Российской Федерации на изобретение № 2318634 Торцевая режуще-деформирующая фреза, способ обработки ими, рабочие пластины к ним и способ их изготовления. Авт. изобр. Настасенко В.А., Урсал К.Г. Заявка № 2005110805/02 от 13.04.05. Бюл. № 7 от 10.03.08.

Надійшла до редколегії 12.03.2009 р.

## **НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ТОРЦОВЫХ ФРЕЗ С БОКОВОЙ УСТАНОВКОЙ БЫСТРОСМЕННЫХ НЕПЕРЕТАЧИВАЕМЫХ ПЛАСТИН И МНОГОГРАННЫЕ ПЛАСТИНЫ ДЛЯ ИХ ОСНАЩЕНИЯ**

**Настасенко В.А., Блах И.В.**

Робота відноситься до області металообробки, зокрема – до збірних торцевих фрез з механічним кріпленням багатограних непереточуваних пластин, а також до поворотних швидкозмінних ріжучих пластин для їх оснащення.

*фреза торцевая, многогранная пластина, быстросменная неперетачиваемая пластина*