

УДК 621.914.28:006.354

В.А. Настасенко, доц., канд. техн. наук, В.В. Вирич, інженер

Херсонський державний морський інститут, НПО Заря-Машпроект, г. Николаев

Анализ нагружения дисковых фрез с боковой установкой многогранных неперетачиваемых пластин

В работе проведен сравнительный анализ стандартных и предлагаемых сборных дисковых фрез с многогранными неперетачиваемыми пластинами и показана возможность уменьшения ширины резания ими, более чем в 2 раза, что ужесточает условия эксплуатации корпуса. Однако анализ его прочности по методу конечных элементов затруднен новизной конструкции, усложняющей выбор исходных условий. В данной работе эта задача решена с учетом анализа возникающих в корпусе фрезы напряжений.

сборные дисковые фрезы, многогранные неперетачиваемые пластины, метод конечных элементов, прочность, жесткость

Разработка относится к области машиностроения, металлообработки и деталей машин, в частности – к вопросам прочности сборных дисковых и отрезных фрез с механическим креплением многогранных неперетачиваемых режущих пластин (МНП).

Состояние проблемы, ее актуальность и практическое значение. Дисковые и отрезные сборные фрезы, оснащенные многогранными неперетачиваемыми пластинами с механическим их креплением, в настоящее время относят к наиболее прогрессивным видам инструмента, что отвечает общим тенденциям их развития и совершенствования. Объясняется это тем, что они обеспечивают наибольшую, по сравнению с другими конструкциями дисковых фрез, экономию инструментального материала, возможность многократного использования корпуса, исключение переточек и заточных участков для выполнения данных операций, а также сокращают вспомогательное время в основном производстве за счет поворота и быстрой замены пластин, в т.ч. – без снятия фрез со станка. Важность и перспективность данного вида фрез подтверждена принятием в 1990 г. ГОСТа 28437-90 «Фрезы дисковые с механическим креплением многогранных твердосплавных пластин», что подтверждает их практическое значение и обеспечивает их широкое применение. Конструкции таких фрез представлены на рисунке 1.а,б.

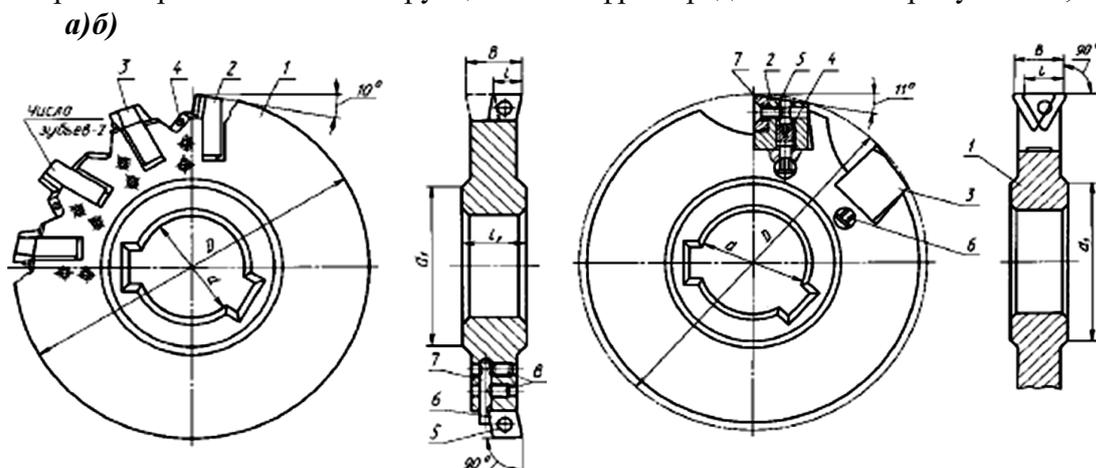


Рисунок 1 а, б – Сборные дисковые фрезы с механическим креплением МНП, тип 1

Недостатком данных фрез является то, что ширина B реза на 2...4 мм превышает длину l боковой стороны пластин, минимальная величина которых составляет 12 мм, что адекватно увеличивает объем металла, уходящего в стружку, работу резания и количество выделяющегося при этом тепла. В свою очередь это увеличивает мощность, затрачиваемую на резание и количество потребляемой силовой электроэнергии, снижет стойкость инструмента и увеличивает технологическое время на выполнение данной операции, а в случае применения фрез для отрезки – уменьшает полезную длину заготовки. Таким образом, применение таких фрез, в качестве отрезных, оправдано лишь при большом их наружном диаметре ($D_a > 600$ мм), где увеличенная ширина диска H обеспечивает фрезе требуемую жесткость и виброустойчивость.

Другими недостатками таких фрез являются использование лишь пластин ромбической и трехгранной формы, что ограничивает количество их переустановок после износа режущих кромок, а также применение лишь пластин с отверстием, что уменьшает их прочность.

Указанные недостатки устраняют предложенные в патенте на изобретение Украины № 91670 [1] сборные дисковые фрезы с боковым механическим креплением установленных в пазах корпуса неперетачиваемых твердосплавных режущих пластин ГОСТ 19043-80 ... ГОСТ 19081-80, ГОСТ 24247-80...ГОСТ 24257-80, от трехгранной, до круглой формы, у которых радиусные участки сопряжения режущих кромок у вершин устранены заточкой лысок или продольных выкружек-стружечных канавок (рисунок 2).

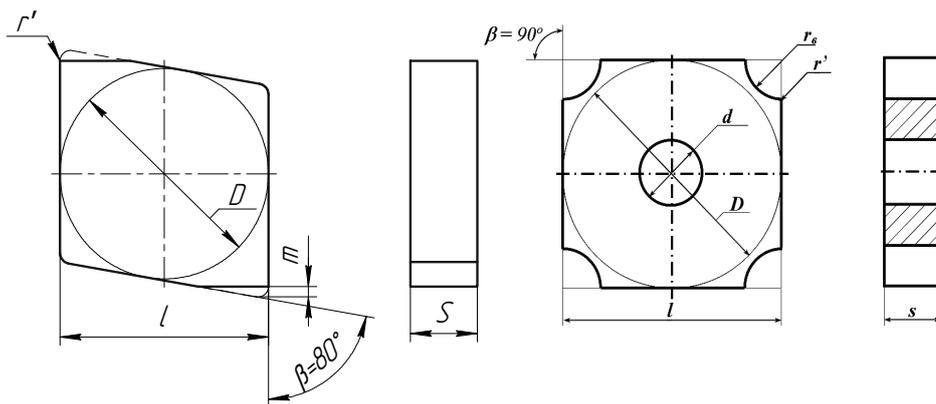


Рисунок 2 - Стандартные многогранные неперетачиваемые пластины с лысками m и выкружками r_s , устраняющими переходный радиус r' сопряжения боковых сторон

Аналогичные выполнения лысок и выкружек на вершинах возможны для всех известных исполнений МНП простой формы, что было впервые предложено в патенте на изобретение Российской Федерации № 2318634 [2]. При этом возможно уменьшение радиуса переходного участка сопряжения канавок с режущими кромками, с $r' \geq 0,2$ мм, до $r' < 0,01$ мм, что устраняет неблагоприятные условия резания при отделении корня стружки и обеспечивает возможности применения нового вида пластин в любых видах обработки резанием. Выполнение лысок упрощает процесс изготовления пластин в условиях мелкосерийного и серийного производства. Однако у пластин с выкружками, изготовление которых предпочтительно прессованием в условиях крупносерийного и массового производства, в 2 раза увеличивается количество используемых режущих лезвий, за счет переустановки пластин на другое основание, что адекватно уменьшает удельную стоимость пластин в расчете на одно режущее лезвие. Для упрощения заточки лысок и выкружек в условиях мелкосерийного производства, разработаны специальные приспособления, часть из которых защищена патентом Украины № 79866 [3].

Конструкции ряда предложенных в патенте [1] сборных дисковых фрез, показаны на рисунке 3.а,б.

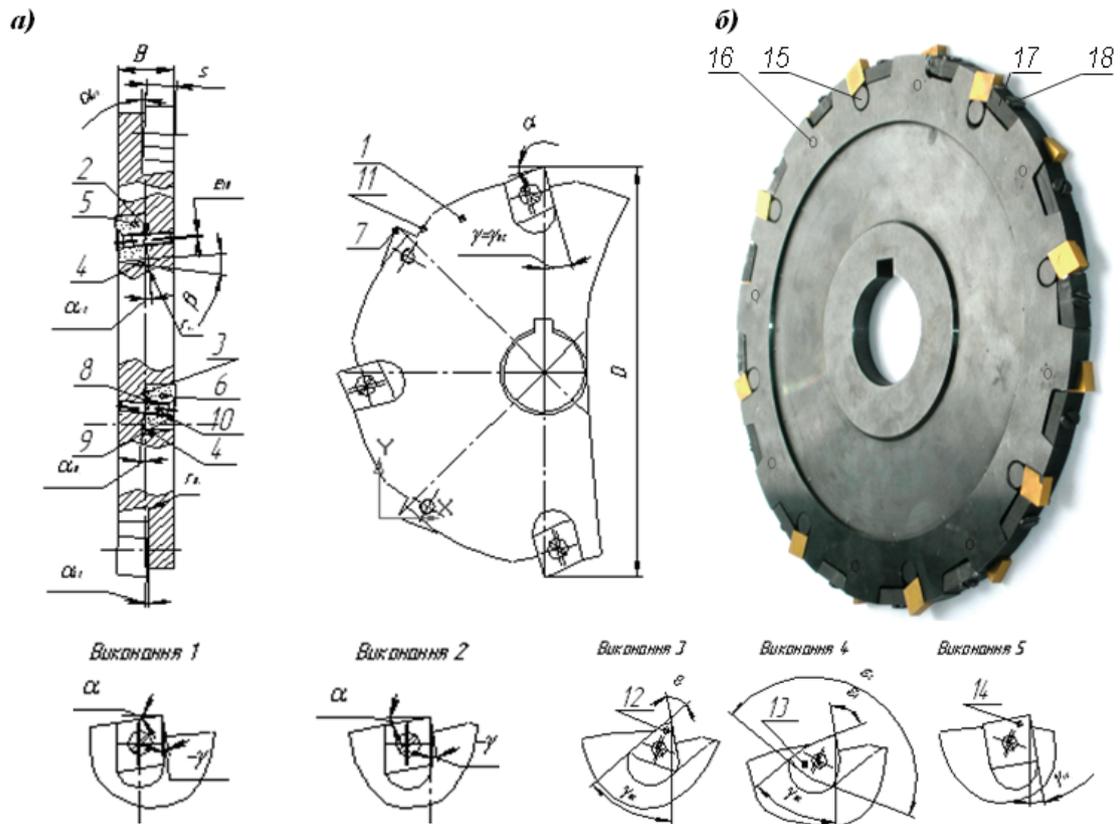


Рисунок 3.а,б - Предлагаемые конструкции дисковых отрезных фрез и варианты оснащения их многогранными неперетачиваемыми пластинами боковой установки с креплением их сбоку винтом (а) и по периферии – клином (б)

В патенте Украины [1] предложены также другие варианты конструкций фрез и пластин, в общем количестве – 64 исполнения. При этом крепление пластин любой формы в пазах корпуса может быть выполнено и другими способами.

Главными достоинствами предлагаемых сборных дисковых фрез по сравнению с фрезами ГОСТ 28437-90, являются:

1) уменьшение ширины резания до толщины s двух пластин, (при минимальной величине $s = 3,18$ мм, с учетом перекрытия пластин на величину $0,1...0,4$ мм, ширина резания составит $B = 6$ мм, или в 2,5 раза меньше, чем у фрез ГОСТ 28437-90, что адекватно уменьшает объем удаляемой стружки);

2) резание в направлении продольного сечения пластин, что увеличивает их толщину, противодействующую силам резания, с исходной s , до новой l , и позволяет адекватно увеличивать подачу на зуб, повышая производительность обработки.

Однако при этом уменьшается толщина диска корпуса, что обостряет проблему его прочности, жесткости и виброустойчивости, поэтому требуется ее решение.

Цель, задачи и научная новизна выполняемой работы. Поскольку предлагаемые конструкции фрез являются новыми и имеют существенные отличия от исходных, решение задач их прочности, жесткости и виброустойчивости по методу конечных элементов связано с определенными трудностями, особенно – при выборе исходных параметров и систем нагружения. При этом нужно учитывать неизбежные при любой численной аппроксимации условности и погрешности, а соответствие между расчетной моделью и реальной конструкцией является основной проблемой, в которой качество заключений, принимаемых на основе исходных положений и конечных результатов, во многом зависит от квалификации разработчика. Устранение указанных недостатков является главной целью и научной новизной выполняемой работы.

Разработка системы нагружения новых конструкций дисковых отрезных фрез. В основу разработки положены общие принципы метода конечных элементов (МКЭ), для которого исходным этапом является выбор условий работы и разделение объекта на простые элементы, типа октаэдров для пространственных фигур и треугольников для плоских фигур. Области этих фигур и относят к конечным элементам действующих на них нагрузок и возникающих в них перемещений [4]. Однако выбор начальных условий нагружения для новых конструкций всегда является проблемным, поэтому требуется решение данной задачи.

Работа предлагаемыми фрезами на фрезерных станках не отличается от работы базовых фрез, как по установке, так и по движениям резания. Нет отличий также в виде и состоянии материалов, (их жесткости, прочности, плотности, характеристике действия и распределения силовых полей механики сплошной среды и действующих нагрузок, и т. д.). Отличия возникают лишь в направлении установки пластин и действия на них сил резания, а также в форме гнезда под пластину и элементах ее крепления, поэтому в дальнейшем учтены лишь эти отличия. Таким образом, при равенстве остальных параметров, решение поставленной в данной работе задачи сводится к построению фигур, сформированных конечными элементами. Поскольку форма корпуса и пластины может быть представлена в виде совокупности параллельных плоских поверхностей элементарной толщины, это упрощает решение задачи, сводя ее к слоисто-плоскостной.

На исходном этапе целесообразно также разделение процесса нагружения фрез и пластин от действия сил резания и от действия сил зажима и зажимающих элементов конструкции. Для рассматриваемого случая – фрезы с ромбическими пластинами (рисунок 2 и 3), которые крепятся клином, установленным на наружном диаметре диска с упором в спинку зуба и в пластину с ее передней стороны, за счет завинчивания винта в корпус, возможно простое сложение данных нагрузок и возникающих напряжений.

При выборе схемы нагружений учитывали, что разрушение закаленного корпуса при сжатии происходит под углом 45° к действию нагрузки, что соответствует общим принципам подобных разрушений [5], поэтому форма ячейки нагружения принята в виде равнобедренного треугольника с прямым углом при вершине, симметричным к направлению действия нагрузки (рисунок 4). Нет проблем также с выбором размеров этой ячейки, от которых зависит скорость и точность расчетов – их величина должна обеспечивать размещение не менее 5 расчетных точек ($n = 5$) на линейчатом участке поверхности нагружения: При этом направление действия нагрузок (по нормали к опорной поверхности, имеющей угол наклона δ), определяет расположение ячейки – перпендикулярно к опорной поверхности. В рамках принципа МКЭ – напряжения в системе идентичны форме ее ячеек – считаем, что катет треугольной ячейки должен постоянно сохранять: свою форму, размеры и направление под углом 45° к вектору развития напряжений в следующем узле (слое) системы. Однако с выбором этого вектора возникает ряд проблем, решить которые позволяют следующие допущения: 1) – разрушающие напряжения наиболее опасны в направлении наименьшего сечения корпуса; 2) – ограничивающей для их развития является опорная поверхность или поверхность закрепления.

Для дисковой фрезы, устанавливаемой на оправку по центральному отверстию, направления наименьшего сечения корпуса определяются радиус-векторами от центра корпуса к текущим узловым точкам нагружения, а поверхностью закрепления является поверхность боковых колец оправки, что позволяет принять конечным показателем их средний диаметр d_s . Таким образом, с учетом угла наклона δ , угол между направлением радиус-вектора и катетом треугольной ячейки составит величину $45^\circ - \delta$, что позволяет построить крайнюю линию распределения напряжений, созданных единичным модулем распределенной нагрузки dP_y от составляющей P_y силы резания, а по ней – симметрично оси, перпендикулярной к опорной поверхности – противоположную крайнюю линию нагружений (рисунок 4). В результате этих построений можно выделить нагрузочный

модуль, у которого интенсивность окраски адекватна интенсивности напряжений. Общая схема нагружения корпуса фрезы по впадине гнезда зуба показана на рисунке 5.

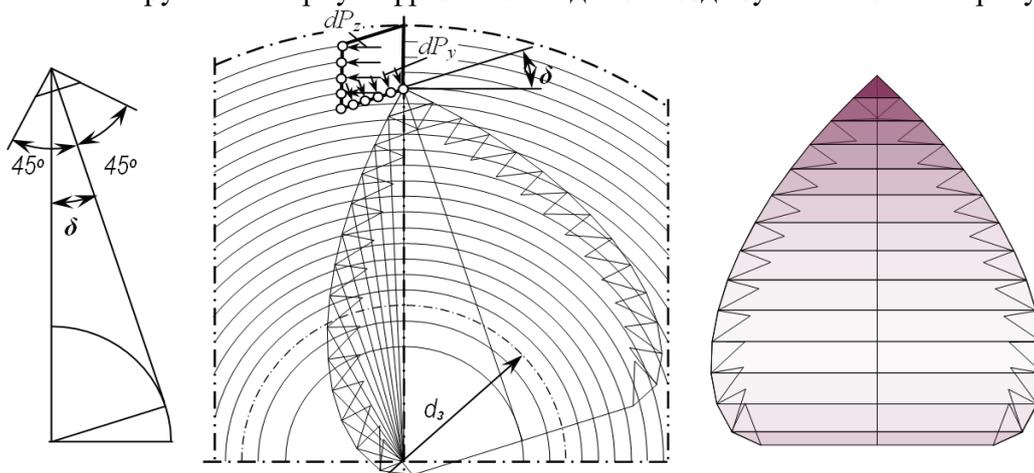


Рисунок 4 - Построение напряжений в корпусе фрезы от действия сил резания

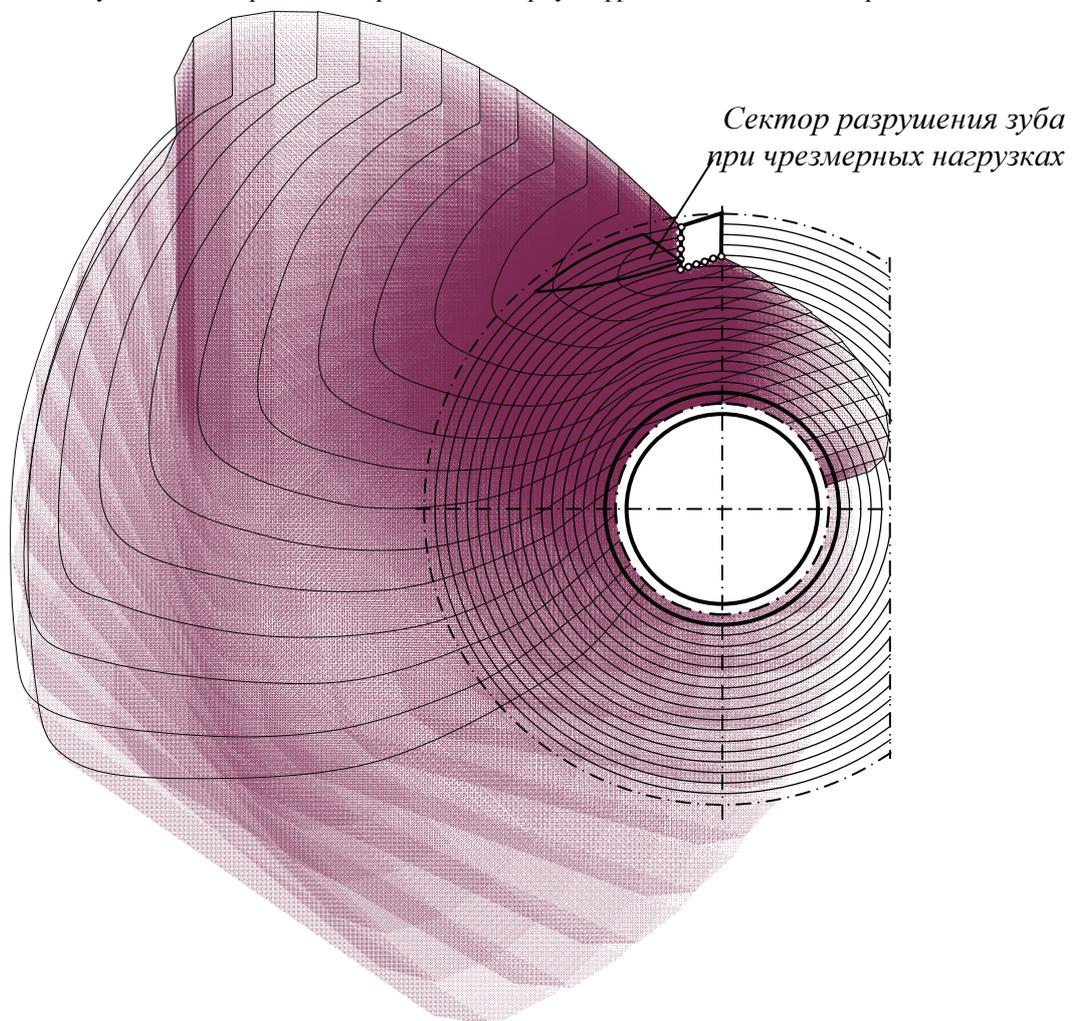


Рисунок 5 - Общая схема действия напряжений из гнезда зубе фрезы

При определении напряжений от действия единичного модуля распределенной нагрузки dP_z , созданной составляющей P_z силы резания, проблематичным является определение конечной зоны их развития, поскольку нет возможности, как это было для составляющей P_y , определить опорную поверхность или поверхность закрепления, а в результате этого – трансформацию направления векторов развития напряжений в последующих узлах (слоях) системы.

Однако, с достаточной для проведения подобных расчетов точностью, можно использовать выделенный нагрузочный модуль, у которого центральная ось совпадает с направлением действия нагрузки, или перпендикулярна к опорной поверхности, а общие размеры пропорциональны соотношению составляющих P_z и P_y силы резания. Аналогично следует учесть изменение напряжений на участках их концентрации, для чего использовать ранее известные коэффициенты концентраций напряжений. В рамках этих допущений общая картина напряжений имеет вид, показанный на рисунке 5.

Выводы. Из схемы напряжений можно определить зону разрушения гнезда при чрезмерных нагрузках, чем они сильнее, тем круче наклон зоны. На разрушение средней части корпуса влияние окажет нагрузка на других зубьях, что требует наложения друг на друга построенных схем нагружения и выполнения дополнительных исследований.

Полученные результаты могут быть использованы для дальнейших расчетов в МКЭ. При этом исходными являются: составляющие P_z и P_y силы резания и удельные нагрузки dP_z и dP_y , создаваемые ими на опорных поверхностях, с учетом влияния на них углов наклона δ . Другими исходными конструктивными параметрами являются: размеры гнезда, наружный диаметр корпуса и средний диаметр колец оправки.

Таким образом, исходные параметры определены, поставленные задачи решены.

Список литературы

1. Патент України на винахід № 91670. МПК В23 С 05/02. Збірна дискова фреза та ріжучі пластини до неї (варіанти). Заявка № 2006 03692 від 04.04.06. Авт. винах. Настасенко В.О., Яремчук М.Л. //Бюлетень Патенти України, 2010, № 16 від 25.08.2010.
2. Патент Российской Федерации на изобретение № 2318634. МПК В23 С 05/06. Торцовая режущее-деформирующая фреза, способ обработки ими, рабочие пластины к ним и способ их изготовления. Заявка № 2005110805/02 от 13.04.05. Авт. изобр. Настасенко В.А., Урсал К.Г. /БИ 2008. № 7 от 10.03.08.
3. Патент України на винахід № 79866. МПК В24 С 04/22. Пристрій для правки шліфувального круга. Заявка № 200509216 від 30.09.05. Авт. винах. Настасенко В.А., Урсал К.Г. //Бюл. 2007. № 4 від 10.04.07.
4. Камерон П., Дж.ван Линт. Теория графов. Теория кодирования и блок-схемы.–М.: Наука, 1980. -144с.
5. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике /Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонович А.И., Пономарев Н.Б. — СПб.: БХВ-Петербург, 2005. — 800 с.

В. Настасенко, В. Вірич

Аналіз навантаження дискових фрез з бічною установкою багатограних непереточуваних пластин

У роботі проведений порівняльний аналіз стандартних і запропонованих збірних дискових фрез з багатограними непереточуваними пластинами і показана можливість зменшення ширини різання ними, більш ніж в 2 рази, що ускладнює умови експлуатації корпусу. Проте аналіз його міцності по методу кінцевих елементів утруднений новизною конструкції, що ускладнює вибір початкових умов. У даній роботі це завдання вирішене з урахуванням аналізу напруг, що виникають в корпусі фрези.

V. Nastasenko, V. Virich

Analysis of Lading of Disk Milling Cutters With the Lateral Setting of Many-sided Indexable Inserts

The comparative analysis of the standard and offered combined teams of disk milling cutters is in-process conducted with many-sided indexable inserts. Possibility of diminishing of cutting width is rotined the last, more than in 2 times, it toughens external of corps environments. However laboured an analysis of his durability on the method of eventual elements is in a new construction, a novelty complicates the choice of initial terms. In this work this task is decided taking into account the analysis of arising up in the corps of milling cutter tensions.

Одержано 23.02.11