

11. Концевая фреза с равной стойкостью боковых и торцовых режущих лезвий для обработки звезд движителей механизмов подачи.

В статье изложены технологические обоснования целесообразности применения для обработки звезд движителей механизмов подачи угледобывающих комбайнов концевой фрезой с равной стойкостью боковых и торцовых режущих лезвий. Произведен анализ работы и конструктивных особенностей самой фрезы

Ключевые слова: Механизм подачи. Звезда. Концевая фреза.

In clause technological substantiations of expediency of application are stated for Processings of stars of propulsive device mechanisms of submissions of coal-mining combines a trailer mill with equal stability of lateral and face cutting edges. The analysis of work is made and design features of the mill.

Key words: The feeder. A star. A trailer mill.

В работе [1] разработана концевая фреза с равной стойкостью боковых и торцовых режущих лезвий и обоснована техническая и технологическая целесообразность ее применения для обработки эвольвентных профилей зубьев зубчатых колес движителей механизмов подачи угледобывающих комбайнов.

Отличительной особенностью этой фрезы является то, что она помимо стандартных зубьев содержит специальные зубья, имеющие только торцовые режущие лезвия.

Как показала практика проектирования и технология изготовления движителей такой фрезой целесообразно обрабатывать и профили зубьев звезд, имеющих тангенциальное смещение профилей с целью увеличения изгибной прочности зуба.

В связи с повышением энерговооруженности угледобывающих комбайнов возрастает и величина тягового усилия механизма подачи. В настоящее время тяговое усилие одного механизма подачи и, следовательно, усилие, приложенное к зубу звезды составляет $T_{п} = 320 - 370$ кН.

Зубья звезды движителя механизма подачи (такая звезда при традиционном проектировании, то есть без тангенциального смещения профиля предельно нагружены.

Дальнейшее увеличение тягового усилия механизма подачи приведет к тому, что необходимо будет изыскивать способы увеличения несущей способности зубьев по условию изгибной прочности. Изгибная прочность звезды наиболее важный параметр, так

как поломка зуба звезды связана с остановкой комбайна и с неотложными и трудоемкими ремонтными работами.

Для увеличения изгибной прочности зубьев звезды целесообразно применять тангенциальное смещение профилей (по аналогии со смещением исходного контура зубьев колес в редукторах комбайнов).

Многочисленные эксперименты и опыт эксплуатации концевых фрез показывает, что в стандартных концевых фрезах торцовые режущие кромки изнашиваются в 2 раза быстрее.

Поэтому в проектируемой фрезе с равной стойкостью боковых и торцовых режущих лезвий число торцовых режущих лезвий должно быть в 2 раза больше, чем число боковых режущих лезвий. Такая фреза представлена на рис.2; в этой фрезе наряду со стандартными зубьями содержатся специальные зубья, имеющие только торцовые режущие лезвия.

Концевая фреза фрезерует, постепенно углубляясь по ширине зуба, поэтому торцовые режущие лезвия наряду с боковыми режущими лезвиями находятся всегда в работе.

Уменьшение в 2 раза числа боковых режущих лезвий упрощает контроль точности зубьев при изготовлении и при переточки после затупления, так как число контролируемых зубьев в 2 раза меньше.

Число стандартных зубьев может быть сколько угодно и ограничивается только диаметром фрезы; но их количество должно быть равно количеству специальных зубьев.

Нет никакого практического смысла назначать число боковых режущих лезвий таких же, как и число торцовых режущих лезвий. Ведь при износе торцовых режущих лезвий эти торцовые лезвия будут перетачиваться, а вместе с ними будут перетачиваться и еще не изношенные и работоспособные боковые режущие лезвия. А это связано с дополнительной затратой времени рабочих-заточников и с дополнительным временем работы заточных станков.

Особо необходимо остановиться на следующем. При нанесении на режущие лезвия фрезы износостойких покрытий, в том числе и современных дорогостоящих наноструктурированных покрытий получается экономический эффект за счет того, что расход этих покрытий будет почти в 2 раза меньше, по сравнению с тем, если бы все зубья имели боковые режущие лезвия. Особенно это важно для условий серийного производства.

В данной статье произведен анализ фрезы с равной стойкостью боковых и торцовых режущих лезвий с точки зрения анализа конструктивных параметров, стойкости режущих

лезвий, заштыбовки стружки, получаемой чистоты обрабатываемой поверхности по условию шероховатости.

Подчеркнем, что все исследования цельной монолитной концевой фрезы с равной стойкостью боковых и торцовых режущих лезвий проводятся впервые.

Проектирование и эксплуатация концевой фрезы и эксплуатация концевой фрезы с равной по стойкости боковых и торцовых режущих лезвий.

При проектировании, при заданном диаметре, концевой фрезы с равной стойкостью боковых и торцовых режущих лезвий угловой шаг выбирается при режимах резания получистового фрезерования (скорости резания $V = 30$ м/мин, подаче $S = 0,12$ мм/зуб) из условия отсутствия заштыбовки стружки в стружечных канавках в зоне торцовых режущих лезвий и условия прочности зубьев.

В этом случае угловой шаг в зоне боковых режущих лезвий стандартных зубьев будет в 2 раза больше, то есть будет иметь место запас по условию отсутствия заштыбовки стружки в стружечных канавках. Концевая фреза с равной стойкостью боковых и торцовых режущих лезвий предназначена для получистового и может быть использована для черного фрезерования.

Так как имеется запас по условию отсутствия заштыбовки, то подача при черновом фрезеровании ограничена только прочностью самой фрезы, а также мощностью и жесткостью станка. Заштыбовки стружки в зоне резания торцовых лезвий (как стандартных, так и специальных зубьев) не происходит, так как наличие винтовых стружечных канавок способствует удалению стружки из зоны резания этих режущих лезвий.

Может иметь место вариант фрезерования, когда обрабатываемая поверхность при первом проходе обрабатывается в режиме черного фрезерования, а при последующем проходе в режиме получистового фрезерования. Чистовое фрезерование при отсутствии финишной операции на обрабатываемой поверхности можно производить при изменении режимов резания (уменьшения подачи до $S = 0,06 \dots 0,08$ мм/зуб и увеличения скорости резания $V = 60 \dots 80$ м/мин).

Заметим следующее. Стандартная концевая фреза может давать шероховатость 6-го класса ($Rz = 6,3 \dots 10$ мкм), что соответствует чистовому фрезерованию. При затуплении зубьев шероховатость ухудшается до 5-го класса ($Rz = 10 \dots 20$ мкм) и до 4-го класса ($Rz = 20 \dots 40$ мкм), что соответствует получистовому фрезерованию. Концевая фреза с равной стойкостью боковых и торцовых режущих лезвий в производственных условиях дает шероховатость 5-го и 4-го классов. Шероховатость измерялась с помощью эталонов шероховатости.

На поверхностях зубьев звезд и нешлифованных зубчатых колес в рабочих чертежах указывается $Rz=20 \dots 40\text{мкм}$; финишная операция не предусматривается, а предусматривается обкатка под нагрузкой.

Относительно шероховатости поверхности необходимо сказать следующее. Величина шероховатости может быть вычислена чисто геометрическим путем; вычисленная геометрически величина шероховатости называется идеальной.

При уменьшении (в рассматриваемой фрезе) числа зубьев в 2 раза увеличивается толщина стружки то же в 2 раза; это аналогично тому, если в 2 раза увеличим подачу. Увеличение толщины стружки сопровождается повышением температуры, вследствие увеличения работы деформации, увеличения трения стружки о переднюю и заднюю поверхность режущего клина. При резании многолезвийным инструментом имеет место биение инструмента, наличие выступающих или заниженных зубьев. Это значительно снижает влияние уменьшения количества зубьев (или увеличения подачи) на величину шероховатости. Реальная шероховатость сильно отличается от идеальной шероховатости, то есть шероховатости, найденной без учета пластических деформаций. Шероховатость, получаемая при фрезеровании фрезой с равной стойкостью боковых и торцовых режущих лезвий ухудшается в $1,5 \dots 1,7$ раза по сравнению с фрезерованием стандартной фрезой.

Заметим, что волнистость поверхности увеличивается в 2 раза, но в рабочих чертежах зубчатых изделий горных машин требования по волнистости не проставляются.

Заметим следующее. При проектировании концевой фрезы с равной стойкостью боковых и торцовых режущих лезвий необходимо обратить внимание на то, что чрезмерное увеличение высоты специальных зубьев при черновом фрезеровании может происходить заштыбовка стружки, то есть стружка может не уменьшаться в стружечных канавках, сминаться, царапать обработанную поверхность. Зуб фрезы представляет собой обычный резец с определенными углами резания, который в контакте с обрабатываемым материалом представляет собой мощный угол трения с коэффициентом трения $f = 0,6 \dots 0,9$ (заметим, что в машинных деталях коэффициент трения $f = 0,10 \dots 0,3$). Попадание в этот узел трения стружки, которая не смогла отвестись из зоны резания может привести к поломке зуба фрезы.

Специальный зуб конструктивно содержит торцовое режущее лезвие, состоящее из радиусной части с выходом на боковое режущее лезвие. Боковое режущее лезвие в специальном зубе - это резерв для переточки зубьев по торцу. При переточке боковое режущее лезвие в специальном зубе всегда уменьшается и теоретически становится равным нулю, хотя на самом деле всегда имеется резерв этой режущей кромки. Поэтому увеличивать высоту специального зуба (и следовательно высоты бокового режущего

лезвия больше той, которая необходима как резерв для переточки) можно только в технологически обоснованных случаях.

Особенности фрезерования концевой фрезой с равной стойкостью боковых и торцовых режущих лезвий труднообрабатываемых материалов.

Зацепление звезда-рейка представляет собой зацепление взаимообкатных зубьев, удовлетворяющих ряду ограничений: изменению межосевого расстояния в связи с износом опор комбайна; изменению шага зацепления на стыках рейки. Зуб звезды не является эвольвентным, профиль зуба звезды (как и зуба рейки) состоит из набора сочетаний прямых линий и частей окружностей. Поэтому нарезать зубья червячной фрезой, как это делается для стандартных звезд (например звезд цепных передач) не представляется возможным. Наиболее целесообразным является фрезерование концевой фрезой на станках с ЧПУ.

При фрезеровании сталей с твердостью до 245НВ выделяющаяся при резании теплота (до 400-500° С) практически не влияет на стойкость режущих лезвий. Заметим, что твердость материалов звезд, в основном стали 20Х2Н4А, в период фрезерования составляет 197-241 НВ.

Но фрезеровании сталей с твердостью свыше 250НВ выделяющаяся теплота уже влияет на стойкость режущих лезвий и чем больше твердость, тем существеннее это влияние. А теплота является одним из основных факторов, определяющих износ режущих зубьев.

Более прочные стали (по сравнению с 20Х2Н4А) применяют в тех не очень частых случаях, когда уже спроектированную, изготовленную и эксплуатируемую звезду нужно усилить технологическими способами. Хотя заменяемые стали 40ХН2МА, 40ХНМА нетехнологичны, труднообрабатываемы и имеют твердость при фрезеровании 255-295 НВ, тем не менее вопросы фрезерования этих сталей необходимо рассматривать. В связи с непрерывным увеличением энерговооруженности комбайнов встает необходимость в применении новых более прочных сталей в том числе и труднообрабатываемых.

Концевая фреза с отдельной схемой обработки содержит боковые режущие лезвия стандартных зубьев, торцовые режущие лезвия стандартных зубьев, и торцовые режущие лезвия специальных зубьев. Боковые режущие лезвия стандартных зубьев на единицу высоты выделяют количество теплоты примерно такое же как и остальные режущие лезвия. Но боковые режущие лезвия имеют большую высоту, поэтому выделяют тепла достаточно много. Это тепло подходит к торцовым режущим лезвиям стандартных зубьев и разрушает (уменьшает стойкость) их, так как эти лезвия начинают воспринимать не только механическую, но и температурную нагрузку. Хотя величина фаски износа на

торцовых режущих лезвиях специальных и стандартных одинаковая, так как они соприкасаются с одной и той же поверхностью и процесс износа идет непрерывно.

Но так как торцовые режущие лезвия зубьев имеют меньшую стойкость (здесь можно сказать, что работают в основном торцовые режущие лезвия специальных зубьев, а торцовые режущие лезвия стандартных зубьев помогают им), то произошло нарушение равностойкости.

Для того, чтобы восстановить равностойкость, нужно перераспределить работу резания между зубьями, увеличив высоту специальных зубьев с учетом указанных выше ограничений.

В этом случае часть тепла уйдет от стандартных зубьев к специальным зубьям и стойкость торцовых режущих лезвий выравняется.

Температурное поле любой концевой фрезы, в том числе и концевой фрезы с равной стойкостью боковых и торцовых режущих лезвий, является нестационарным, то есть изменяющимся во времени.

Найти величины температур на боковых режущих лезвиях стандартных зубьев, торцовых режущих лезвиях стандартных зубьев, торцовых режущих лезвий специальных зубьев с целью построения графиков и номограмм температур можно различными путями:

- с помощью программ на ЭВМ, оперирующими нестационарными температурными полями;
- измерение пирометром;
- измерение термопарой;
- оценка величины температуры по цветам побежалости стружки;
- применением методов оценки величины температуры путем замеров интенсивности развития фаски износа.

В последнем случае не требуется специальных программ и приборов, но требуется достаточно большое количество замеров для того, чтобы полученные результаты могли быть статистически обработаны.

Выводы:

В статье изложены технологические обоснования целесообразности применения для обработки звезд движителей механизмов подач угледобывающих комбайнов концевой фрезой с равной стойкостью боковых и торцовых режущих лезвий. Произведен анализ работы и конструктивных особенностей самой фрезы.

Список литературы:

1. Южин В.И., Черкашин В.П., Дворянинов Д.С. Проектирование движителей механизмов одач с учетом технологии изготовления их зубчатых колес// Горное оборудование и электромеханика №11, 2009, с. 12-16.