

А. Ю. Попов, Д. С. Реченко, Е. В. Васильев

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ИНСТРУМЕНТОВ СО СМЕННЫМИ ТВЕРДОСПЛАВНЫМИ ПЛАСТИНАМИ ЗА СЧЕТ ИХ ВТОРИЧНОГО РЕСУРСА

Рассматриваются вопросы восстановления работоспособности сменных твердосплавных пластин, применяемых при лезвийной обработке. Проведен анализ схем износа твердосплавных пластин, для определения оптимальной геометрии, полученной после их перетачивания. Разработана форма передней поверхности твердосплавных пластин формы LNUX – 301940, используемых при черновом точении колесных пар подвижных составов, которая максимально полно соответствует форме передней поверхности в начальной стадии износа. *Алмазное шлифование; твердосплавные пластины; износ; перетачивание*

ВВЕДЕНИЕ

В сложившихся обстоятельствах на рынке инструментального обеспечения отечественных предприятий можно прогнозировать дальнейшую абсолютную зависимость от зарубежных поставщиков. Фактически, отечественную промышленность можно остановить в течение месяца, перекрыв поставки инструмента. Все более значительную долю в структуре производственных затрат занимают затраты на инструмент. Стоимость инструмента, особенно твердосплавного, постоянно возрастает, причем доля материала в структуре цены снижается и не превышает 20 %. Идея создания вторичного ресурса работоспособности предполагает рассмотрение изношенных твердосплавных монолитных инструментов и пластин в качестве заготовок. При этом высококачественный твердый сплав имеет стоимость до 10 долларов за кг. Как показывает опыт переточки твердосплавных пластин, пластины с нормальным износом, т. е. не доведенные до катастрофического износа, не приобретают внутренних дефектов.

Решающее значение для обеспечения экономически приемлемого вторичного ресурса работоспособности имеет три параметра технологического процесса:

- Точное воспроизведение формы инструмента или обоснованная ее замена.
- Высокое качество заточки по форме и по состоянию лезвия.
- Использование эффективных покрытий.

Проблема точного воспроизведения формы заключается в отсутствии квалифицированных конструкторов-инструментальщиков на большинстве заводов или высокой их загруженностью более острыми вопросами. Скопировать заточкой форму передней поверхности пластин невозможно. Требуется использовать другие формы, которые могут быть реализованы с высокой производительностью заточкой. Эти формы разработаны и испытаны на промышленных предприятиях г. Омска. Результат по стойкости – не ниже исходных. Пластины используются в массовом количестве, и их переточка позволит получить высокие экономические показатели.

Изменение размеров пластин по контуру могут привести к ухудшению базирования или изменению переходного радиуса при вершине. Исследование последствий изменения конфигурации и разработка оптимальных форм переточенных пластин – это одна из важнейших задач.

Алмазная заточка вызывает изменения в поверхностном слое твердосплавной пластины. Эти изменения у разных исследователей оцениваются по-разному. У исследователей из киевской школы приведены убедительные доказательства повышения механических и эксплуатационных характеристик после алмазного шлифования. Причем, чем более жесткие режимы шлифования, тем выше свойства поверхностного слоя пластин. У исследователей, связанных с производством твердых сплавов, имеются данные о более высоких свойствах твердосплавных пластин, не подвергающихся алмазной шлифовке. Если рассматривать состояние поверхности твердосплавной пластины в состоянии поставки, то может быть несколько вариантов:

- дефектный и обезуглероженный слой; поверхностный слой без дефектов, упрочненный дополнительной обработкой (например, допрессовкой или дробеструйной обработкой);

- образование в процессе спекания и охлаждения внутренних напряжений разного знака;

- поверхностный слой, легированный в процессе спекания.

После алмазной шлифовки тоже может быть несколько вариантов состояния поверхностного слоя твердосплавной пластины:

- повышенные напряжения вследствие повышенных режимов и вызванных ими фазовых изменений в поверхностных слоях (напряжения бывают сжимающими и растягивающими, что приводит к различным результатам, особенно при наложении на внутренние напряжения в пластине);

- образование сетки микротрещин вследствие резкого нагрева и охлаждения;

- сколы на лезвии.

Практика эксплуатации показывает, что алмазная шлифовка – это надежный путь повышения стойкости твердосплавного инструмента, если технологическая культура операции на достаточно высоком уровне. В результате исследования дефектов при алмазной шлифовке твердосплавных пластин, в некоторой литературе проведен глубокий анализ причин возникновения дефектов и даны рекомендации по назначению оптимальных режимов заточки, обеспечивающих высокое качество поверхностных слоев [1]. Однако в качестве одной из основных причин возникновения трещин в пластинах считается резкое охлаждение поверхности при выходе из зоны обработки вследствие попадания охлаждающей жидкости. Обычно охлаждение подается на круг и попадает в зону контакта, снижая температуру на 30–40 %. Кроме того, охлаждение повышает стойкость кругов и производительность шлифования. Что касается образования дефектного слоя при заточке, то здесь ситуация парадоксальная. С одной стороны – изменения в поверхностном слое твердого сплава при шлифовке происходят, что подтверждается множеством исследований, а с другой стороны – почему это дефект? Алмазная шлифовка – это воздействие высокой температуры и давления. В литературе приведены исследования микротвердости деформированной зоны твердосплавной пластины. Из приведенных данных следует, что одни участки зоны существ-

венно упрочняются, а прилегающие к площадке износа – разупрочняются. Также приведены результаты исследований, из которых следует, что в поверхностном слое твердосплавной пластины после алмазной шлифовки изменения носят весьма положительный характер: необратимые пластические деформации, структурные изменения и фазовые превращения, сопровождаемые увеличением удельного объема, приводящим к образованию остаточных напряжений сжатия, повышению твердости прочности и т. д., т. е. происходит упрочнение.

Создание вторичного ресурса целесообразно, только если стоимость восстановления существенно ниже, чем стоимость новой. Стоимость восстановления пластины тем ниже, чем ниже технологические затраты. Технологические затраты складываются из стоимости алмазных кругов, расходуемых на заточку режущей части, зарплаты рабочих и др. производственных расходов и налогов.

Известно весьма много причин выхода инструмента из строя. Для твердосплавного инструмента это, в основном, износ, выкрашивание лезвия и поломка. Увеличение ресурса стойкости инструмента возможно за счет повышения износостойкости, надежности и количества периодов стойкости за счет переточки. Под ресурсом режущего инструмента следует понимать меру, равную или пропорциональную суммарному количеству годной продукции, обработанной режущим инструментом за срок его эксплуатации. В литературе суммарный ресурс инструмента выражен уравнением:

$$P_i = P_{iT} \cdot (1 + i \cdot \xi), \quad (1)$$

где P_{iT} – ресурс инструмента за период его стойкости T , i – число повторных переточек инструмента, ξ – коэффициент, учитывающий возможное снижение ресурса после повторных переточек. Для многогранных пластин следует добавить количество граней пластины (N):

$$P_i = P_{iT} \cdot N \cdot (1 + i \cdot \xi). \quad (2)$$

Замена на другую геометрию пластин работающих в условиях массового производства, задача весьма непростая. Требуется обеспечить высокое и стабильное качество заточки, стружколомение и стойкость и еще, обычно, возникающие специфические требования, характерные для данной операции. Правильный и обоснованный выбор геометрии режущей части инструмента позволяет существенно увеличить его ресурс. При переточке обычно ставится задача придания пластинам формы аналогичной

исходной, либо такой, которая обеспечивает такую же, как и у исходной, стойкость, стружколомание, шероховатость и др. условия. Причем геометрия должна быть получена затачиванием. Это дополнительное условие, которое накладывает существенные ограничения на геометрию режущей части многогранных пластин.

Если повторить исходную геометрию невозможно, то надо определить, хотя бы в первом приближении, другую, которую можно обеспечить заточкой при минимальных затратах и высокой стабильности геометрических параметров. Геометрия режущей части определяется комплексом взаимосвязанных параметров. При переточке пластин появляется уникальная возможность изменить параметры режущей части в соответствии с конкретными условиями обработки. При переточке многогранных пластин можно изменить следующие параметры режущей части:

- передний угол,
- задний угол (в редких случаях),
- форму передней поверхности,
- величину радиуса при вершине,
- состояние лезвия.

Осуществлять переточку в мелкосерийном и единичном производстве всегда гораздо легче, так как там можно изменить режимы резания или просто смириться с неудовлетворительным стружколоманием или более низкой стойкостью. В массовом производстве это невозможно. Кроме того, замена инструмента на автоматической линии требует предложить техническое решение по геометрии инструмента и методам повышения стойкости такого же уровня, как и у проектировщиков линий и производителей инструмента. На этих линиях используется инструмент фирм SECO, SANDVIK, GUEHRING, DORMER и др. Эти фирмы располагают эффективными способами повышения стойкости, в основном, это износостойкие покрытия и повышение характеристик поверхностного слоя пластин. Поэтому переточка многогранных пластин – это сложная научно-техническая задача, решение которой возможно, в большинстве случаев, на основе комплексного исследования влияния геометрии режущей части инструмента на стойкость и др. эксплуатационные свойства, обоснованного и эффективного использования способов повышения стойкости и обеспечения минимальных затрат при переточке и дальнейшей подготовке пластин к эксплуатации.

Переточка пластин всегда связана с уменьшением размеров и изменением геометрии пластин. Уменьшение размеров по высоте приводит к снижению надежности пластин, то есть повышению вероятности поломки, что недопустимо в массовом производстве. Уменьшение размеров многогранных пластин по диаметру вписанной окружности и высоте может привести к снижению надежности крепления и необходимости дорабатывать корпуса инструментов, в которых производится закрепление переточенных пластин.

Анализ износа пластин, подвергавшихся переточке, показал, что при незначительном износе по задней грани (до 0,5 мм), пластины могут перетачиваться без значительного уменьшения размеров при сохранении исходной геометрии. Наибольшие проблемы возникают при переточке пластин с величиной износа по задней грани до 1,5 мм.

Контур типового износа многогранной твердосплавной пластины представлен на рис. 1.

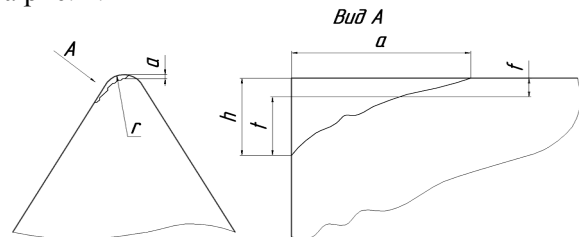


Рис. 1. Контур типового износа твердосплавной пластины, где: a – глубина износа по передней грани; h – глубина износа по задней грани; t – остаток износа по задней грани после переточки по передней поверхности на глубину f

Наибольший износ практически всегда происходит по вершине – его и следует принять как лимитирующий. Характеризовать износ целесообразно по величинам износа передней и задней граней. Причем эти величины взаимосвязаны так, что в качестве критерия можно взять отношение величины износа по задней поверхности к величине износа по передней поверхности. Это соотношение зависит от величины заднего угла инструмента и диаметра обрабатываемой детали:

$$K = \frac{a}{h}, \quad (3)$$

где a – величина износа по передней грани, h – величина износа по задней грани. График зависимости коэффициента K от величины заднего

угла α при разных значениях диаметра детали d представлен на рис. 2.

Переточка по задней поверхности изменяет конфигурацию и размеры контура пластины. Изменение геометрии, т. е. углов в плане, изменяет условия резания. Изменение радиуса при вершине изменяет радиус на галтелях детали и в случае круговой интерполяции дает погрешность размеров детали.

Изменение размеров контура пластины приводит к изменению условий закрепления пластины в корпусе инструмента. Возможны комбинированные формы задней поверхности. Формы переточенных пластин могут быть разнообразными за счет различных комбинаций и конфигураций передней и задней поверхностей.

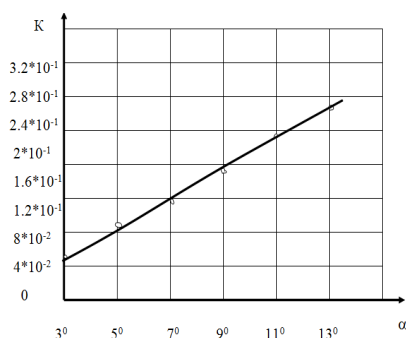
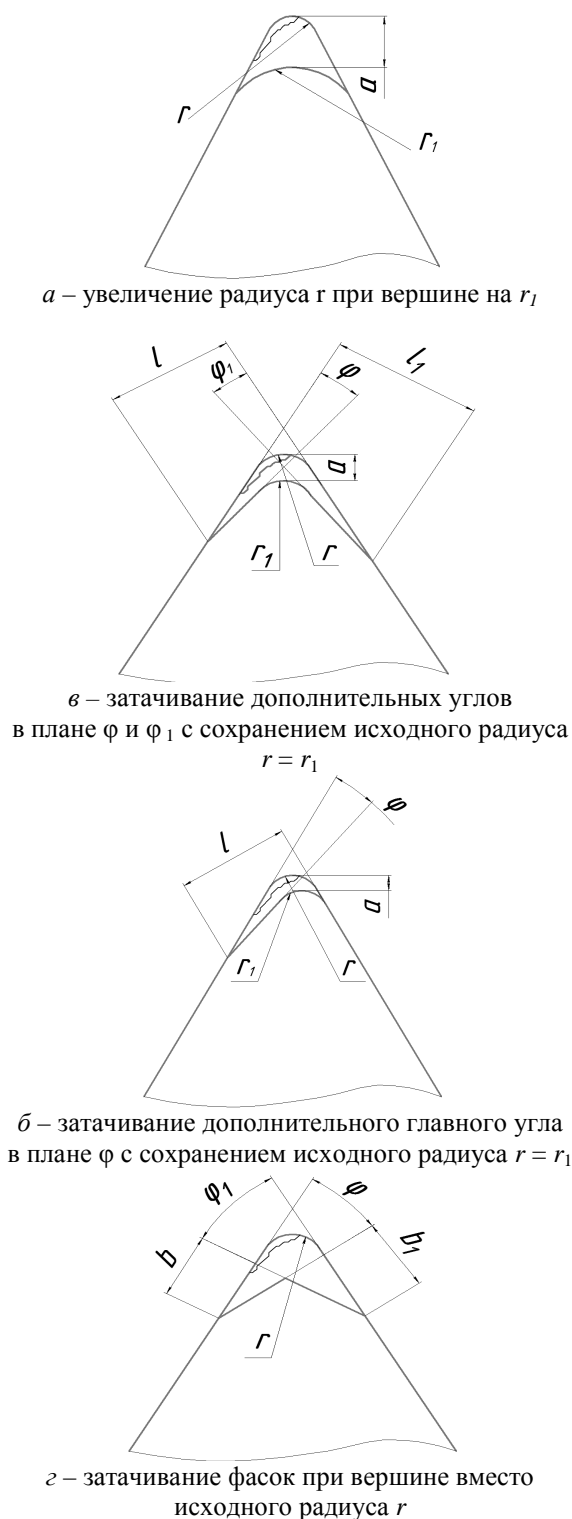


Рис. 2. График зависимости коэффициента K от величины заднего угла α

Наиболее технологичные при переточке и эффективные в эксплуатации формы передней и задней поверхностей представлены на рис. 3–5.

Значение имеет изменение всех размеров пластины при переточке. Заточка пластин с измененными углами в плане (рис. 3) приводит к уменьшению длины контакта по боковой стороне пластины в гнезде. В соответствии с техническими требованиями свисание режущей пластины над опорной пластины или поверхностью гнезда не должно превышать 0,5 мм. Отсутствие свисания тоже считается нормой. Измерение свисания пластин на инструментах с многогранными пластинами показало, что максимальное свисание пластины доходит до 0,5 мм. То есть в инструмент заложена возможность переточки пластин на небольшую величину по контуру. На пластинах разной конфигурации переточка по контуру дает различное изменение исполнительного размера в корпусе сборного инструмента. Даже расположение пластины

имеет значение для влияния размера переточки по контуру на исполнительный размер.



a – увеличение радиуса r при вершине на r_1

в – затачивание дополнительных углов в плане ϕ и ϕ_1 с сохранением исходного радиуса $r = r_1$

б – затачивание дополнительного главного угла в плане ϕ с сохранением исходного радиуса $r = r_1$

г – затачивание фасок при вершине вместо исходного радиуса r

Рис. 3. Варианты конфигурации переточенных пластин: *a* – с увеличенным радиусом; *б* – с затачиванием дополнительного главного угла в плане; *в* – с сохранением радиуса при вершине; *г* – с фасками вместо радиуса

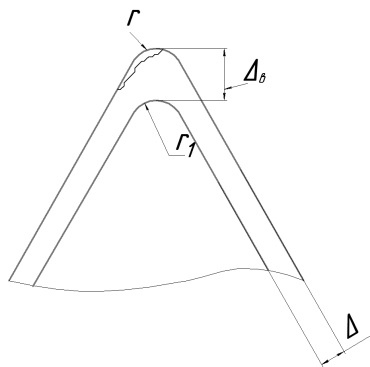


Рис. 4. Затачивание пластин по контуру на величину Δ с сохранением радиуса $r = r_1$

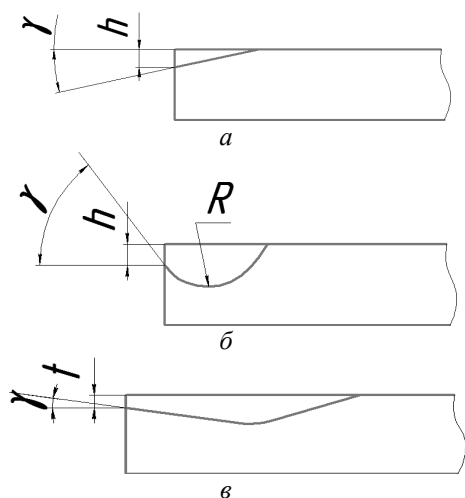


Рис. 5. Варианты затачивания передней поверхности: *а* – с отрицательной фаской, *б* – со стружколомательной канавкой, *в* – с положительным передним углом

Корпус инструмента, как правило, сам имеет возможность осевой и радиальной компенсации. Таким образом, основным негативным результатом переточки по контуру может быть изменение условий закрепления пластины в корпусе инструмента и выступание опорной пластины или поверхности гнезда за габариты переточенной пластины.

Для обеспечения надежного базирования многогранных твердосплавных пластин в гнездах сборных инструментов большое значение имеет конструктивное оформление самого гнезда. Большая поверхность контакта на боковой и опорной поверхности вроде бы должна повышать надежность, но, с другой стороны, обеспечить очень жесткие технические требования по точности прилегания пластины к базовым поверхностям гнезда в этом случае весьма сложно. Кроме того, по верхней части контура гнезда целесообразна выточка глубиной 0,5 мм, которая предохраняет лезвие пластины от сколов

при зажиме и работе при попадании между лезвием и боковой поверхностью державки твердых включений. Если нет выточки, то высота гнезда делается такой, что пластина выступает над поверхностью гнезда на величину 0,5 мм. Исследования корпусов инструментов с механическим креплением ведущих зарубежных фирм показало, что на боковой опорной поверхности пластины базируются по пояску 1–1,5 мм. Как показывает практика эксплуатации сборных инструментов, этого вполне достаточно для нормальной работы инструментов во всем диапазоне режимов, на которые они рассчитаны. Заточка пластин по передней поверхности уменьшает их размер по высоте, но на надежности крепления это не сказывается.

Увеличение поверхности контакта на боковой стороне нецелесообразно в основном по технологическим соображениям. Гнезда под пластины, в силу их конфигурации, обрабатываются пальцевыми фрезами диаметром от 3 до 5 мм, в зависимости от размеров гнезда. Твердость корпусов инструментов около 35 HRC, что приводит к значительным отжигам фрез и искажениям формы обрабатываемой поверхности самым невыгодным образом. Чем меньше высота базировочного пояска, тем выше точность обработки. Поэтому указанная выше высота пояска является оптимальной технологически и вполне достаточной конструктивно, т. е. не ухудшает эксплуатационных характеристик инструмента.

На основании проведенных исследований спроектирована форма передней поверхности твердосплавных пластин, используемых при черновом точении колесных пар подвижных составов, которая максимально полно соответствует форме передней поверхности в начальной стадии износа (рис. 6).

На стойкость пластин существенно влияет геометрия передней поверхности на переходном радиусе при вершине. Использование указанной технологии позволяет восстанавливать изношенные пластины с глубиной сколов до 1,5 мм; повысить ресурс пластин в 2–3 раза за счет их повторного использования; сократить расход твердого сплава на обработку колес в 1,5–2,5 раза; использовать восстановленные пластины для обработки других деталей подвижного состава (точение, строгание, фрезерование), если их размер или количество глубоких сколов не позволяет производить обточку колес (рис. 7–8).

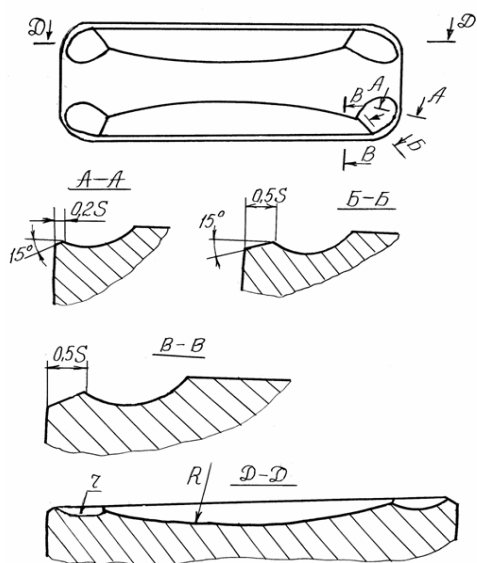


Рис. 6. Эскиз пластины формы LNUX301940 с канавками эллиптической формы и лунками, копирующими форму передней поверхности износа

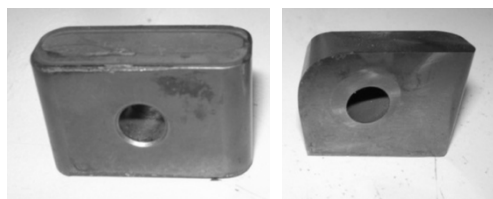


a



б

Рис. 7. Восстановление режущей части твердосплавных пластин типа LNUX301940: *a* – до обработки; *б* – после обработки



a

б

Рис. 8. Изготовление твердосплавной резцовой вставки на базе твердосплавной пластины типа LNUX301940: *a* – до обработки; *б* – после обработки

ВЫВОДЫ

Оптимальной формой передней поверхности пластин, обеспечивающей высокую стойкость и устойчивое стружколомание, является форма, при которой фаска огибает контур пластины и имеет величину 0,3–0,5 от величины нормальной составляющей подачи, а канавка не выходит на переднюю поверхность.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бакуль В. Н., Землянский Е. С. Влияние скорости резания на работоспособность алмазных кругов при различных видах шлифования // Синтетические алмазы. 1976. № 5. С. 29–33.
2. Маслов В. Н. Теория шлифования материалов. М.: Машиностроение, 1974. 320 с.
3. Палей М. М., Дибнер Л. Г., Флид М. Д. Технология шлифования и заточки режущего инструмента. М.: Машиностроение. 1988. 288 с.

ОБ АВТОРАХ

Попов Андрей Юрьевич, проф. д-р техн. наук, зав. каф. металлорежущих станков и инструментов Омск. гос. техн. ун-та. Иссл. в обл. реновации твердосплавных инструментов.

Реченко Денис Сергеевич, канд. техн. наук, ст. преп. той же каф. Иссл. в обл. сверхскоростного алмазного шлифования твердосплавных изделий.

Васильев Евгений Владимирович, канд. техн. наук, доц. той же каф. Иссл. в обл. алмазного шлифования твердосплавных изделий