

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА СМЕННЫХ ТВЕРДОСПЛАВНЫХ ПЛАСТИН

Носов Н.В., Якубович Е.А., Трофименко Н.Г.

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Ключевые слова: твердосплавный инструмент, стойкость, токарная обработка, режущие пластины, вторичный ресурс, метод конечных элементов, сила резания, усадка стружки, опытно-промышленная проверка.

Аннотация. В статье предложен и обоснован технологический подход к восстановлению утраченных в процессе эксплуатации режущих свойств сменных твердосплавных пластин. Технологический процесс предусматривает переточку алмазными кругами только по передней поверхности вдоль главной режущей кромки на ширину 0,5-2,0 мм и на глубину 0,3-0,5 мм с сохранением базовых посадочных поверхностей и формированием стружколомающего уступа. С применением конечно-элементной модели выполнена оценка напряженно-деформированного состояния режущей кромки и сил резания. Опытнo-промышленная проверка восстановленных по предложенному режиму пластин показала увеличение стойкостного ресурса более, чем в три раза по сравнению с новой пластиной.

INCREASING THE LIFETIME OF REPLACEABLE HARD-ALLOY INSERTS

Nosov N.V., Yakubovich E.A., Trofimenko N.G.

Samara state technical university, Samara, Russia

Keywords: carbide tool, fastness, turning, cutting plates, secondary use, end-element method, cutting force, chip retraction, pilot-scale testing.

Abstract. The article proposes and justifies a technological approach for restoring the cutting properties of replaceable carbide plates lost during operation. The process involves diamond circles only on the front surface along the main cutting edge at a width of 0.5 to 2.0 mm and a depth of 0.3 to 0.5 mm, preserving the base surfaces and forming the grinding crease. The stress-deformed state of the cutting edge and the cutting forces are evaluated using a finite element model. The test of the plates restored under the proposed regime showed that the durability has increased by more than three times compared to the new plate.

Сменные многогранные твердосплавные пластины [1] (СМП) широко применяются при токарной обработке деталей на станках с ЧПУ благодаря универсальности и высоким физико-механическим свойствам [2, 3]. Они обладают значительной теплостойкостью, что позволяет режущим инструментам эффективно работать при высоких скоростях резания. При этом твердые сплавы с покрытием имеют низкую прочность на изгиб, что ограничивает их возможность работать на черновых, обдирочных операциях, где инструмент испытывает ударное воздействие. Практически ресурс работы СМП зависит только от количества режущих вершин, соответственно стойкость такого инструмента ограничена одноразовым применением.

Вопросы повышения ресурса работы твердосплавных пластин и режимов резания при механической обработке являются актуальной задачей,

которая связана с разработкой новых инструментальных материалов и покрытий, применением специальных охлаждающих средств, созданием технологических методов повышения стойкости пластин и т.д.

Ряд ценных в научном и прикладном плане результатов в этом направлении, связанных с мероприятиями по восстановлению режущих свойств пластин при различных видах износа, нанесением износостойких покрытий, подбором характеристик шлифовальных кругов и режимов резания в конкретных условиях, представлен в работах [4-7]. Показана возможность эффективного использования твердосплавных пластин за счет восстановления их первоначальных характеристик, определена оптимальная геометрия восстановленного инструмента, параметры качества покрытий для конкретных условий обработки. Все перечисленные направления, безусловно, в той или иной степени позволяют повысить эффективность механической обработки заготовок, повышают ресурс инструмента и снижают себестоимость готовых деталей.

Однако вопрос выбора технологии восстановления работоспособности и обеспечения вторичного ресурса СМП требует специального рассмотрения. Связано это с тем, что сменные многогранные пластины задумывались как универсальные неперетачиваемые режущие элементы, не подлежащие восстановлению.

Восстановление режущих свойств СМП осуществляется 3 способами:

- за счет переточки изношенных пластин по задней и передней поверхностям, с восстановлением стружколомающей канавки и последующим нанесении износостойких покрытий;
- за счет переточки только по задней поверхности с сохранением базовых поверхностей;
- путем переточки алмазными кругами сменных твердосплавных пластин только по передней поверхности.

Недостатками шлифования передней поверхности с восстановлением стружколомающей канавки, по форме напоминающей лунки износа, является технологическая сложность процесса восстановления стружколомающей канавки. К тому же при шлифовании всей передней поверхности двусторонней пластины с нулевым задним углом необходимо обеспечивать высокое качество поверхности и геометрическую точность опорных поверхностей.

Недостатком второго способа является нестабильность геометрической точности обработанной поверхности, а также необходимость доработки державки, чтобы исключить в зоне резания выход подкладной пластины и державки за контур режущей пластины. Возможная потеря геометрической точности и размеров базовых поверхностей может привести к погрешностям установки сменных многогранных пластин в державку, повышенным вибрациям, ослаблению крепления пластин, нестабильности размеров и качества обработанной заготовки и ослаблению режущей кромки за счет уменьшения фаски режущего клина.

Анализ приведенных способов показал, что наибольшая эффективность восстановления может быть получена при использовании третьего способа восстановления, предусматривающего переточку алмазными кругами только по передней поверхности. Основные особенности предложенной технологии заключаются в том, что заточка по передней поверхности производится вдоль главной режущей кромки на ширину 0,5-2,0 мм от режущей кромки и на глубину 0,3-0,5 мм. Это позволяет полностью сохранить базовые опорные и упорные посадочные поверхности, при этом сохраняется покрытие по задней поверхности и формируется стружколомающий уступ.

В связи с тем, что после переточки толщина пластины уменьшается, было проведено исследование прочности пластин после восстановления. Анализ прочности СМП проводился в следующей последовательности.

1. Строилась САД-геометрия расчетной модели с помощью созданной предварительно геометрии СМП в среде Компас-3D.

2. Определялась сила резания в зависимости от режимов обработки.

3. Строилась конечно-элементная модель СМП в пакете ANSYS Workbench 2022 R3.

4. Конечно-элементная модель нагружалась статической силой резания, приложенной на площадку контакта по передней поверхности, и определялись соответствующие напряжения.

Для определения силы резания P_z , что является важной составляющей процесса моделирования, предложена формула (1), которая учитывает не только свойства материалов и режимы обработки, но и усадку стружки

$$P_z = K_y \cdot K_c \cdot S \cdot t, \quad (1)$$

где S – подача на оборот, мм/об.; t – глубина резания, мм; K_c – удельная сила резания, Н/мм²; K_y – коэффициент усадки стружки.

Сравнение значений коэффициента усадки в зависимости от режимов точения новыми и восстановленными пластинами показало, что для новых пластин коэффициент усадки стружки изменялся от 2,8 до 3,58, что приводит к большим силам резания (до 1475 Н). Это связано с геометрией пластины, у которой на передней поверхности передний угол является отрицательным $\gamma = -(15-20)^\circ$ на ленточке СМП шириной 0,3 мм. Поэтому на чистовых режимах обработки с глубиной резания, соизмеримой с размером ленточки, может возникать повышенная усадка, которая приводит к вибрациям и ухудшению качества обработки.

Применение восстановленных пластин изменило геометрию передней поверхности до $\gamma = (5-7)^\circ$. Это позволило существенно снизить усадку стружки до 1,7-2,2. Расчеты показывают, что при этом силы резания при одинаковых режимах обработки уменьшились на (75-90)%. Изменился и износ восстановленных пластин, которые преимущественно изнашивались по передней поверхности с образованием лунки износа.

На основании всех расчетных данных определялись напряжения, которые испытывает пластина при точении (рис. 1). Моделировался фрагмент, составляющий 1/8 СМП, закрепленной по всем осям по внутренним

поверхностям. Нагрузка задавалась давлением. Опыт повторялся для 36 конфигураций модели, соответствовавших контактным площадкам, включая вариант с переточкой по передней поверхности.

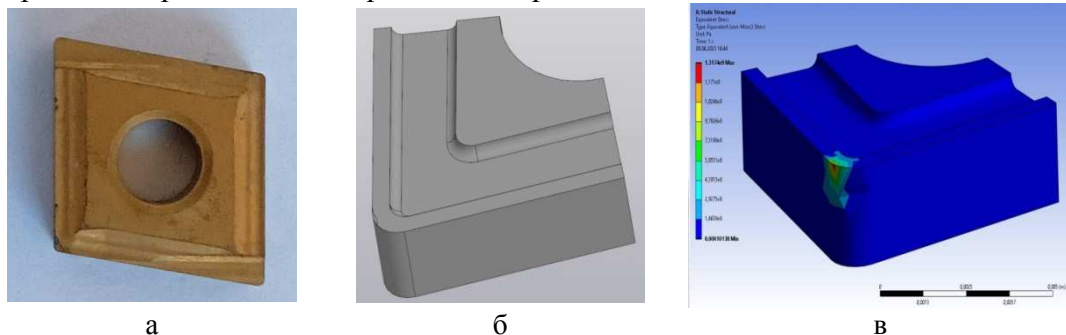


Рис. 1. Восстановленная СМП и результаты моделирования:
а – восстановленная СМП, б – CAD-геометрия расчетной модели;
в – результат CAE-расчета напряжений в режущей кромке

Обобщенно, по результатам анализа можно сделать вывод, что пластины имеют как минимум трехкратный запас прочности при воздействии сжимающих нагрузок и устойчивы к работе на получистовых и черновых режимах с глубиной резания как минимум до 1 мм и подачами 0,5-1,0 мм.

Восстановленные по разработанной технологии пластины прошли опытно-промышленную проверку при чистовом точении стали 38ХМЮА на токарно-карусельном станке с ЧПУ 1А512Ф3 с режимами: скорость резания $V_p = 160$ м/мин, $t = 0,5$ мм, $S = 0,2$ мм/оборот, работа с охлаждением – эмульсия.

По полученным результатам рассчитывался ресурс пластины по формуле [5]

$$P_i = P_{ir} \cdot (1 + i \cdot \xi), \quad (2)$$

где P_{ir} – стойкость одной вершины новой пластины, i – число повторных операций восстановления, ξ – коэффициент снижения стойкости пластины $\xi = 0,8$.

Приняв согласно рекомендациям [8] $P_{ir} = 20$ ч, $i = 3$ получим расчетное значение стойкости восстановленной пластины $P_i = 64$ ч. Таким образом, по сравнению с новой пластиной ресурс восстановленного инструмента увеличился более, чем в три раза.

Представленные результаты свидетельствуют об эффективности методов восстановления СМП путем переточки алмазным кругом по передней поверхности. Принимаемый для оценки работоспособности режущей пластины как критерий стойкости – коэффициент усадки стружки, демонстрирует устойчивость восстановленных пластин к работе в режимах, соответствующих чистовому и получистовому точению при небольших глубинах.

Предложенные технологические решения могут быть положены в основу создания инновационного сервиса по восстановлению режущих свойств твердосплавных многогранных пластин, что позволит не только

вернуть их первоначальные характеристики, но и улучшить их за счет современных технологий восстановления.

Список литературы

1. ГОСТ 19086-80. Пластины сменные многогранные твердосплавные: введен 01.01.82. – М.: Стандартинформ, 2006. – 12 с.
2. Лоладзе Т.Н. Прочность и износостойкость режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1982. – 320 с.
3. Сахаров Г.П. и др. Металлорежущие инструменты. – М.: Машиностроение, 1989. – 327 с.
4. Попов А.Ю., Радченко Д.С., Васильева Е.В. Повышение эффективности использования современных инструментов со сменными твердосплавными пластинами за счет их вторичного ресурса // Вестник УГАТУ. – 2012. – Т. 16, №4. – С.46-51.
5. Балакиров С.Н., Носов Н.В. Разработка технологии восстановления сменных твердосплавных пластин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20, №4(2). – С.165-169.
6. Носов Н.В., Лавро В.Н., Балакиров С.Н. Технология восстановления ресурса многогранных неперетачиваемых пластин // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2020. – Т. 22, №3. – С.82-86.
7. Попов А.Ю. Обеспечение вторичного ресурса работоспособности многогранных твердосплавных пластин металлорежущих инструментов комплексным формообразованием их режущей части: специальность: Автореф. дисс. ... докт. техн. наук. – М.: Московский гос. технолог. ун-тет «СТАНКИН», 1999. – 295 с.
8. Каталог Sandvik Токарные инструменты: сайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: URL: <https://cdn.sandvik.coromant.com/>

Referances

1. GOST 19086-80. Replaceable multi-faceted carbide inserts: introduced on 01.01.82. – М.: Standartinform, 2006. – 12 p.
2. Loladze T.N. Strength and wear resistance of cutting tools. – М.: Mechanical Engineering, 1982. – 320 p.
3. Sakharov G.P. and others. Metal-cutting tools. – М.: Mechanical Engineering, 1989. – 327 p.
4. Popov A.Yu., Radchenko D.S., Vasilieva E.V. Improving the efficiency of using modern tools with replaceable carbide inserts due to their secondary resource // Bulletin of Ufa State Agrarian University. 2012, vol. 16, no. 4, pp. 46-51.
5. Balakirov S.N., Nosov N.V. Development of technology for restoration of replaceable carbide inserts // Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2018, vol. 20, no. 4(2), pp. 165-169.
6. Nosov N.V., Lavro V.N., Balakirov S.N. Technology of resource restoration of multi-faceted non-sharpenable inserts // Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 2020, vol. 22, no. 3, pp. 82-86.
7. Popov A.Yu. Ensuring a secondary service life of multi-faceted carbide inserts of metal-cutting tools by complex shaping of their cutting part: specialty: Abstract of the diss. ... doct. of tech. sc. – М.: Moscow State Technological University "STANKIN", 1999. – 295 p.

8. Sandvik Turning Tools Catalog: website [Electronic resource]. – Access mode: <https://cdn.sandvik.coromant.com/>

Носов Николай Васильевич – доктор технических наук, профессор кафедры «Технология машиностроения, станки и инструменты»	Nosov Nikolay Vasilevich – doctor of technical science, professor of Department «Mechanical engineering technology, machinetools and tools»
Якубович Ефим Абрамович – кандидат технических наук, профессор кафедры «Металловедение, порошковая металлургия, наноматериалы»	Yakubovich Efim Abramovich – candidate of technical science, professor, department “Metal science, powder metallurgy, nanomaterials”
Трофименко Никита Григорьевич – аспирант eyakubovich@mail.ru	Trofimenko Nikita Grigorievch – postgraduate student

Received 28.11.2024