

РАБОТОСПОСОБНОСТЬ МИНЕРАЛОКЕРАМИЧЕСКИХ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Коломиец В.В., Ридный Р.В., Фабричникова И.А., Богданович С.А.

Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства

Петра Василенко

В работе приведены результаты определения работоспособности резцов из ВОК60, силинита-Р и кортинита (ОНТ20) при точении закаленных сталей и наплавленных материалов высокой твердости.

Установлено, что при точении деталей из стали 20Х3МВФ-Ш (HRC 35-47) резцами с механическим креплением неперетачиваемых пластин из минералокерамики ВОК60 на увеличенных скоростях резания стойкость резцов была в 2 – 3 раза выше, чем у резцов из твердого сплава Т15К6. Так при чистовом точении наружной поверхности шестерни из стали 20Х3МВФ-Ш стойкость трехгранных неперетачиваемых пластин из минералокерамики ВОК60 сохранялась при обработке 50 – 60 деталей до принятого критерия износа по задней поверхности $h_3 = 0,4$ мм. При аналогичных условиях процесса резания стойкость пластин из твердого сплава Т15К6 не превышала 15 деталей.

Исследована работоспособность резцов из минералокерамики силинита-Р при обработке наплавленного материала высокой твердости $H_1 - 65Г$ (HRC 64), в сравнении с работоспособность резцов из твердого сплава Т15К6. При этом установлено, что все составляющие силы резания значительно меньше у резцов из силинита-Р. Это можно объяснить повышенной износостойкостью силинита-Р, меньшими силами трения и радиусами округления режущих кромок по сравнению с пластинами из твердого сплава Т15К6. Сравнительный износ резцов подтверждает большую работоспособность режущих пластин из силинита-Р при обработке наплавленных материалов высокой твердости в сравнении с пластинами из твердого сплава Т15К6.

Исследована также работоспособность минералокерамических пластин из кортинита (ОНТ20) при обработке деталей из стали 38ХС (42-45 HRC₃) и чугуна СЧ 21 (НВ 207-255). При этом установлены ограничения на увеличение подачи до 0,6 мм/об при обработке стали и глубины резания до 2 мм при обработке чугуна.

Показано, что резцы из минералокерамических материалов ВОК60, силинита-Р и кортинита особенно эффективны при обработке закаленных сталей высокой твердости при непрерывной обработке, наплавленных материалов и чугунов при чистовой и получистовой обработке. Приведены рекомендуемые области применения минералокерамических резцов из ВОК-60, силинита – Р и кортинита.

Ключевые слова: *закаленные стали, наплавленные материалы, скорости резания, резцы, твердый сплав, ВОК60, силинит-Р, кортинит (ОНТ20).*

Актуальность проблемы

В связи с дальнейшим увеличением требований к выпуску современных машин возрастает роль инструментальных материалов при изготовлении и восстановлении ответственных деталей из материалов высокой твердости. Производством установлено, что

режущие инструменты из минералокерамики имеют высокую работоспособность, которая в ряде случаев превышает работоспособность вольфрамовых твердых сплавов. Промышленностью освоено производство режущих многогранных неперетачиваемых пластин из минералокерамики типа ВЗ, ВОК60, ВОК63, силинита-Р, кортинита (ОНТ20). Проведены исследования их режущих свойств и износостойкости при обработке деталей из ряда труднообрабатываемых сталей, чугунов и наплавленных материалов при их восстановлении.

Однако до настоящего времени нет исследований по установлению областей и рекомендаций по эффективному применению инструментов из минералокерамики взамен операции шлифования и перспектив дальнейших разработок.

Анализ последних исследований

Проведенными опытами и практикой установлено, что обработка резанием деталей машин из закаленных сталей и других материалов высокой твердости резами из минералокерамики типа ВОК60 и кортинита (ОНТ20) обеспечивает повышение производительности труда и сокращению трудоемкости операций чистовой обработки в два-три раза [1]. При этом стойкость таких резцов значительно превышает стойкость резцов из твердых сплавов при высоких скоростях резания при условии достижения требуемого качества и точности обработки [2].

Объектом исследования является работоспособность инструментов из различных по свойствам минералокерамических пластин при обработке резанием закаленных сталей, чугунов и неоднородных наплавленных материалов ответственных деталей машин.

Формулирование цели исследования

Установить и обосновать причины высокой стойкости инструмента из минералокерамики при чистовом точении закаленных сталей и неоднородных наплавленных материалов изношенных деталей машин, работающих в аналогичных условиях. Обосновать рекомендации по повышению работоспособности инструментов из минералокерамики в условиях восстановления деталей машин.

Методический подход к проведению исследований

Для проведения исследований были выбраны труднообрабатываемые закаленные стали и наплавленные материалы, отличающиеся химическим составом, физико-механическими свойствами и областью применения. Опыты проводили при точении непрерывных и прерывистых поверхностей деталей из закаленных сталей и наплавленных материалов высокой твердости. В качестве инструментальных материалов были выбраны – 2-х карбидный твердый сплав типа Т15К6, который широко применяется в машиностроении для обработки деталей из выбранных материалов, многогранные неперетачиваемые пластины из минералокерамики ВОК60, силинита-Р и кортинита.

Опыты проводили на токарном модернизированном станке 1Е61МФ2 с двигателем постоянного тока и в 3 раза уменьшенными величинами продольных и поперечных подач для получения низкой шероховатости обработанной поверхности.

Работоспособность пластин из минералокерамики оценивали по влиянию режимов резания на составляющие силы резания и износ пластин до принятого критерия износа по ширине задней поверхности. Величину износа режущих элементов пластин измеряли с помощью оптической системы МИР-2 и МОВ 1,5x15 непосредственно на станке. Составляющие силы резания измеряли трехкомпонентным динамометром УДМ-100 конструкции ВНИИ инструмент. В табл. 1 приведены основные свойства исследуемых минералокерамических материалов и для сравнения твердого сплава Т15К6.

Таблица 1

Свойства инструментальных минералокерамических материалов [3]

Марка и состав материала инструмента	Плотность, кг/м ³	Твердость, HRA	Прочность, ГПа		Теплостойкость, °С	Рекомендуемые области применения
			При изгибе	При сжатии		
Твердый сплав Т15К6 WC, TiC, Co	11,1-11,6	95	1,15	3,7	850-900	Чистовая и получистовая обработка незакаленных сталей и наплавленных материалов с HRC <40
ВОК60 Al ₂ O ₃ + TiC	4,2-4,3	94	0,65	2-2,3	1000-1200	Чистовая и получистовая обработка закаленных сталей (HRC45-60) и чугунов с малым сечением среза.
Силинит-Р Al ₂ O ₃ + SiN	4,2-4,3	93	0,65-0,75	2-2,4	1000-1100	« – » и наплавленных материалов типа А, В, D, F, Q
Кортинит (ОНТ20) Al ₂ O ₃ + TiN	4,2	92-94	0,75	2-2,5	1000-1100	« – »

Результаты исследования

Исследование работоспособности минералокерамики ВОК60. Из табл. 1 видно, что минералокерамика ВОК60 имеет высокую теплостойкость, но сравнительно низкую прочность при изгибе. Поэтому режущие инструменты из этой керамики не могут заменять твердые сплавы типа Т15К6 при черновой обработке, когда возникают большие нагрузки. При чистовых операциях они могут заменять вольфрамтитановые твердые сплавы и в некоторых случаях заменять операции шлифования. При замене шлифования обработкой резцами из минералокерамики ВОК60 отсутствуют такие дефекты, как шаржирование, прижоги, микротрещины, а в поверхностном слое образуются напряжения сжатия вместо напряжений растяжения, которые образуются при шлифовании.

Точение деталей из стали 20ХЗМВФ-Ш (HRC 35-47) осуществляли резцами с механическим креплением неперетачиваемых пластин из минералокерамики ВОК60 на увеличенных в 2 – 3 раза скоростях резания по сравнению с ранее применяемыми для резцов из твердых сплавов Т15К6. При этом стойкость резцов из минералокерамики ВОК60 была в 2 – 3 раза выше, чем у резцов из твердого сплава Т15К6. Такое преимущество пластин из

минералокерамики заключается в абразивно-механическом характере износа режущих кромок, в то время как у резцов из твердого сплава наблюдается в основном адгезионный износ режущих кромок. Кроме того, у минералокерамических неперетачиваемых пластин на режущих кромках имеются фаски $f = 0,2 \times 20^\circ$, которые образуют режущий клин под углом 90° , что обеспечивает повышенную работоспособность пластин. При таких углах формы пластин из твердого сплава резко возрастают силы резания, которые приводят к разрушению режущих кромок.

При чистовом точении наружной поверхности шестерни из стали 20Х3МВФ-Ш осуществляли и подрезку торца, на котором был уже выполнен продольный шпоночный паз. Режимы резания были следующими: скорость резания $V = 1,7$ м/с, продольная подача $S = 0,4$ мм/об и глубина резания $t = 0,25$ мм. Стойкость трехгранных неперетачиваемых пластин из минералокерамики ВОК60 сохранялась при обработке 50 – 60 деталей до принятого критерия износа по задней поверхности $h_3 = 0,4$ мм. При аналогичных условиях процесса резания стойкость пластин из твердого сплава Т15К6 не превышала 15 деталей. Трудоемкость обработки снизилась в 4 раза. При подрезке торца со шпоночным пазом и при снятии фаски трудоемкость обработки снизилась в 2,5 раза при обеспечении требуемой шероховатости обработанной поверхности $Ra = 1,25$ мкм и точности, соответствующей седьмому качеству $h7$.

Таким образом, установлены области рационального применения минералокерамики ВОК60 при чистовом точении закаленных сталей.

Исследование работоспособности минералокерамики силинит-Р. С целью определения работоспособности многогранных неперетачиваемых пластин из минералокерамики силинита-Р были проведены опыты при обработке наплавленного материала высокой твердости $H_n - 65Г$ (HRC 64), в сравнении с работоспособность резцов из твердого сплава Т15К6. Геометрические параметры режущих пластин из исследуемых материалов были следующими: $\gamma = -10^\circ$; $\alpha = \alpha_1 = 10^\circ$; $\varphi = 45^\circ$; $\varphi_1 = 0^\circ$; $\lambda = 0^\circ$; $\ell_f = 0,3$ мм. Режимы резания были следующими: скорость резания $V = 1,0$ м/с; продольная подача $S = 0,1$ мм/об; глубина резания $t = 0,2$ мм. Пластины из силинита-Р были изготовлены на Харьковском инструментальном заводе и крепились в державке механически. За критерий износа пластин была принята площадка износа главной задней поверхности $h_3 = 0,8$ мм. Работоспособность пластин из силинита-Р оценивали по влиянию режимов резания на составляющие силы резания и износ пластин.

Чистовое точение поверхности наплавленной лентой $H_n - 65Г$ режущими пластинами из минералокерамики силинита-Р и твердого сплава Т15К6 показало (рис.1), что все составляющие силы резания значительно меньше у резцов из силинита-Р. Это можно объяснить повышенной износостойкостью силинита-Р, меньшими силами трения и радиусами округления режущих кромок по сравнению с пластинами из твердого сплава Т15К6. Обработку наплавленной поверхности такой высокой твердости резами из твердого сплава Т15К6 следует проводить на значительно меньших скоростях резания.

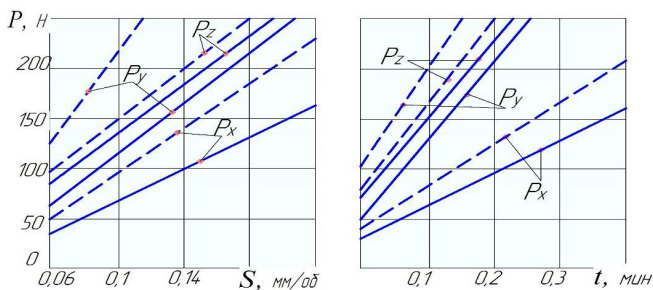


Рис.1. Влияние подачи и глубины резания на силы резания при точении материала наплавленного лентой Нл- 65Г (HRC 64): сплошная линия – силинит-Р; пунктирная – Т15К6

Таким образом, работоспособность минералокерамических пластин из силинита-Р, оцениваемая изменением составляющих сил резания большая по сравнению с работоспособностью резцов из твердого сплава Т15К6 в аналогичных условиях. Этот вывод подтверждается исследованиями изменения величины износа пластин из силинита-Р и твердого сплава Т15К6 от продолжительности резания при обработке наплавленной поверхности Нл-65Г – 1 и наплавленной поверхности Нп-30ХГСА – 2 (рис. 2).

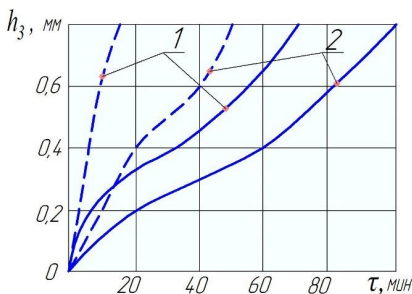


Рис.2. Зависимость износа резцов от продолжительности резания: сплошная линия – силинит-Р, пунктирная – Т15К6

Из приведенных данных видно, что продолжительность резания при чистовом точении наплавленной поверхности высокой твердости резцами из силинита-Р до принятого критерия затупления составляет 50-60 минут, а резцами из твердого сплава Т15К6 при одинаковых условиях процесса составляет всего 8-10 мин.

Таким образом, сравнительный износ резцов подтверждает большую работоспособность режущих пластин из силинита-Р при обработке наплавленных материалов высокой твердости в сравнении пластинами из твердого сплава Т15К6.

Исследование работоспособности пластин из кортинита (ОНТ20). Создание нового композиционного режущего материала, состоящего только из оксидных и нитридных компонентов и обладающего высокими механическими характеристиками, позволило обеспечить замену операции шлифования со значительным уменьшением трудоемкости обработки ряда труднообрабатываемых материалов. Горячее прессование тщательно перемешанной оксидной и нитридной шихты обеспечивает получение беспористого мелкозернистого материала – оксидно-нитридной минералокерам.....

кортинит (ОНТ20) с высокими физико-механическими характеристиками. Производственным опытом установлено, что резцы с механическим креплением пластин из кортинита предназначены для полустогового и чистового точения сталей с твердостью до 50-55 HRC₃, высокопрочных чугунов и наплавленных материалов.

Чистовое точение резцами с пластинами из кортинита исследовали в лабораторных и производственных условиях при обработке деталей из стали 38ХС (42-45 HRC₃). Согласно приведенным данным опытов (рис. 3) изменение подачи при различной глубине резания незначительно влияет на износ резца по задней поверхности в период приработки.

Однако величина подачи не должна превышать 0,6 мм/об в данных условиях обработки. Износ резцов из кортинита происходит равномерно без периода приработки характерного для износа резцов из твердых сплавов, что обеспечивает получение низкой шероховатости обработанной поверхности.

При исследовании влияния глубины резания на стойкость режущих пластин из кортинита при точении чугуна СЧ 21 (HB 207-255) также установлена особенность

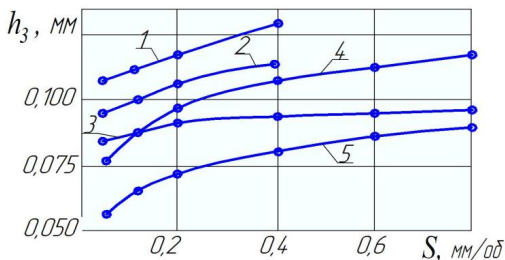


Рис.3. Зависимость износа пластин из кортинита от подачи и глубины резания при точении стали 38ХС (42-45 HRC₃); V = 4 м/с; T = 16 мин; t, мм: 1 – 0,25; 2 – 0,5; 3 – 1,0; 4 – 2,0; 5 – 3,0.

процесса, которая приводит к экстремальному изменению (в логарифмических координатах) зависимости стойкости при различных величинах подачи (рис. 4). При этих исследованиях установлена оптимально допустимая глубина резания $t = 2$ мм.

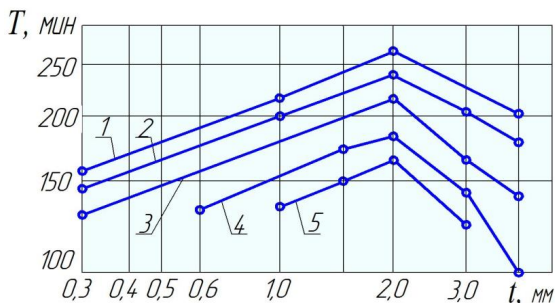


Рис.4. Влияние глубины резания и подачи на стойкость пластин из кортинита при точении чугуна СЧ 21 (HB 207-255) при подачах, S, мм/об: 1 – 0,1; 2 – 0,2; 3 – 0,3; 4 – 0,4; 5 – 0,5.

Установлено, что, несмотря на сравнительно низкую прочность кортинита при изгибе, их стойкость при обработке прерывистых поверхностей и неоднородных наплавленных

материалов в 2-3 раза выше, чем резцов из твердых сплавов типа Т15К6 и ВК8 при обработке в одинаковых условиях. Таким образом, установлено, что режущие инструменты с пластинами из кортинита эффективны при точении труднообрабатываемых сталей и чугунов.

Практические рекомендации

1. Применение режущего инструмента из минералокерамики ВОК60 при полустовом точении снижает трудоемкость обработки и обеспечивается получение требуемой шероховатости и точности обработанной детали.

2. Режущие пластины из силинита-Р рекомендуются для обработки наплавленных материалов высокой твердости взамен инструментов из твердых сплавов типа Т15К6.

3. Режущие инструменты с пластинами из кортинита (ОНТ20) целесообразно применять при чистовом и полустовом точении труднообрабатываемых материалов для обеспечения высокого качества обработки и достижения требуемой геометрической точности и формы обрабатываемых деталей из труднообрабатываемых материалов.

Выводы

1. Резцы из минералокерамических материалов ВОК60, силинита-Р и кортинита особенно эффективны для обработки закаленных сталей высокой твердости при непрерывной обработке.

2. Режущие пластины из минералокерамики целесообразно применять для обработки наплавленных материалов и чугунов при чистовом и полустовом точении для достижения высокого качества и точности обработки взамен операции шлифования.

Список использованных источников

1. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения. /Под общей ред. *Ф.В. Новикова и А.В. Якимова*. В десяти томах. – Т.3. «Резание материалов лезвийными инструментами». Одесса: ОНПУ. 2003. – 550 с. /Монография. Авторы: *Новиков Ф.В., Якимов А.В., Коломиец В.В.* и др./.

2. Обработка резанием деталей с покрытиями: Монография / *С.А. Клименко, В.В. Коломиец, М.Л. Хейфец* и др. Под общ. ред. *С.А. Клименко*. – К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2011. – 353 с.

3. Справочник инструментальщика /*И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко* и др.; Под общ. ред. *И.А. Ординарцева*. – Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1987. – 846 с.

Анотація

ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ МІНЕРАЛОКЕРАМІЧНИХ ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ МАТЕРІАЛІВ

Коломієць В.В., Рідний Р.В., Фабричнікова І.А., Богданович С.А.

У роботі наведені результати визначення працездатності різців з ВОК60, силініту – Р і кортиніту (ОНТ20) при точінні загартованих сталей і наплавлених матеріалів високої твердості.

Встановлено, що при точінні деталей із сталі 20Х3МВФ-Ш (HRC 35-47) різцями з механічним кріпленням не переточених пластин із мінералокераміки ВОК60 на збільшених швидкостях різання стійкість різців була в 2 – 3 рази більшою ніж у різців із твердого сплаву Т15К6. Так при чистовому точінні зовнішньої поверхні шестерні із сталі 20Х3МВФ-Ш стійкість тригранних не переточених пластин із мінералокераміки ВОК60 зберігалась при обробці 50 – 60 деталей до прийнятого критерію зносу по задній поверхні $h_3 = 0,4$ мм. При аналогічних умовах процесу різання стійкість пластин із твердого сплаву Т15К6 не перевищувала 15 деталей.

Досліджена працездатність різців із мінералокераміки силініту – Р при обробці наплавленого матеріалу великої твердості $H_{\text{дл}} = 65\text{Г}$ (HRC 64) в порівнянні з працездатністю різців із твердого сплаву Т15К6. При цьому встановлено, що всі складові сили різання значно менші у різців із силініту – Р. Це можна пояснити підвищеною зносостійкістю силініту – Р, меншими силами тертя і радіусами закруглення ріжучих кромок в порівнянні з пластинами із твердого сплаву Т15К6. Порівняльний знос різців підтверджує більшу працездатність ріжучих пластин із силініту – Р при обробці наплавлених матеріалів великої твердості в порівнянні з пластинами із твердого сплаву Т15К6.

Досліджено також працездатність мінералокерамічних пластин із кортиніту (ОНТ20) при обробці деталей із сталі 38ХС (42-45 HRC_Б) і чавуну СЧ 21 (HB 207 – 255). При цьому встановлені обмеження на збільшення подачі до 0,6 мм/об при обробці сталі великої твердості та глибини різання до 2 мм при обробці чавуну.

Показано, що різці із мінералокерамічних матеріалів ВОК60, силініту – Р і кортиніту особливо ефективні при обробці загартованих сталей великої твердості при неперервній обробці, наплавлених матеріалів і чавунів при чистовій і напівчистовій обробці. Приведені рекомендовані області застосування мінералокерамічних різців із ВОК60, силініту – Р і кортиніту.

Ключові слова: *загартовані сталі, наплавлені матеріали, швидкості різання, різці, твердий сплав, ВОК60, силініт-Р, кортиніт (ОНТ20).*

Abstract

OPERABILITY OF MINERAL-CERAMICS TOOL MATERIALS

V. Kolomiets, R. Ridny, I. Fabrichnikova, S. Bogdanovich

In work results definitions of operability of cutters from ВОК60, silinite-R and the kortonite (ОНТ20) are given when whetting of the hardened steels and deposited materials of high hardness.

It has been established that when turning parts from steel 20H3MVF-Sh (HRC 35-47) with cutting tools with mechanical fastening of non-turning plates from mineral-ceramic ВОК60 at increased cutting speeds, the resistance of the cutters was 2 to 3 times greater than that of the hard-alloy Т15К6 cutters. So, with the finishing turning of the outer surface of the gear made of steel 20H3MVF-Sh, the resistance of three-sided non-transferable ВОК60 mineral ceramic-ceramic plates was maintained when machining 50 to 60 parts until the accepted wear criterion on the rear surface $h_3 = 0.4$ mm. Under similar conditions of the cutting process, the resistance of Т15К6 hard alloy plates did not exceed 15 parts.

The performance of incisor from CI-S mineralite-ceramics when processing the hardness material of high hardness NL-65G (HRC 64) is investigated in comparison with the performance of incisors of hard alloy T15K6. It was found that all components of the cutting forces are significantly smaller for the silynite-P cutters. This can be explained by the increased wear resistance of silynite-P, lower friction forces and radii of rounding of the cutting edges as compared with T15K6 hard alloy plates. Comparative wear of the cutters confirms the high performance of cutting plates made of silynite-P when machining high-hardness weld materials in comparison with plates of hard alloy T15K6.

The efficiency of mineral-ceramic plates made of cortinite (ONT20) was also investigated during the machining of parts from steel 38KhS (42-45 HRCe) and cast iron MF 21 (HB 207-255). At the same time, there are restrictions on increasing the feed rate up to 0.6 mm / rev when machining steel and cutting depth up to 2 mm when machining cast iron.

Recommendations on improving the performance of tools made of mineral-ceramic in the conditions of restoration of machine parts are substantiated. It has been shown that cutters made of mineral-ceramic materials VOK60, silynite-P and cortinite are particularly effective at machining hardened high-hardness steels with continuous processing, deposited materials and cast irons for finishing and semi-finishing to achieve high quality and precision of processing instead of grinding. The recommended application areas for mineral-ceramic incisors from WOK60, silynite - P and cortinite are given.

Thus, it has been proved that cutting inserts made of mineral-ceramics are advisable to use for processing deposited materials and cast irons with fine and semi-fine turning in order to achieve high quality and precision machining instead of grinding operations.

Keywords: *hardened steels, deposited materials, cutting speeds, cutters, hard alloy, VOK60, silynite-R, cortinite (ONT20).*