

НАПРАВЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ ИНСТРУМЕНТОВ

Жовтобрюх В.А., канд. техн. наук
(Технический Центр “ВариУс”, Днепр, Украина)

Даны практические рекомендации по выбору прогрессивных инструментальных материалов и оптимальных режимов резания при высокоскоростной обработке на станках с ЧПУ. Приведены характеристики новых инструментальных материалов и геометрических форм режущих пластин из керамических сплавов с износостойкими покрытиями, а также результаты исследований высокоскоростного точения инструментами из керамики термобработанных материалов, чугунов, жаропрочных материалов.

Ключевые слова: режущие пластины, инструментальные материалы, керамические сплавы, оптимальные режимы резания, высокоскоростная обработка

Надано практичні рекомендації щодо вибору прогресивних інструментальних матеріалів та оптимальних режимів різання при високошвидкісній обробці на верстатах з ЧПУ. Наведено характеристики нових інструментальних матеріалів і геометричних форм різальних пластин із керамічних сплавів зі зносостійкими покриттями, а також результати досліджень високошвидкісного точіння інструментами з кераміки термооброблених матеріалів, чавунів, жароміцних матеріалів.

Ключові слова: різальні пластини, інструментальні матеріали, керамічні сплави, оптимальні режими різання, високошвидкісна обробка

Practical recommendations on the choice of the progressive tool materials and optimum cutting conditions for high-speed machining with CNC machines. The characteristics of the new tool materials and geometries of cutting inserts of ceramic alloy with wear-resistant coatings, as well as the results of studies of high-speed turning tools of ceramic heat-treated materials, cast iron, heat-resistant materials.

Keywords: inserts, tool materials, ceramic alloys, the optimal cutting conditions, a high-speed processing

Применение современных сборных металлорежущих инструментов и станков с ЧПУ типа «обрабатывающий центр» открыли новые технологические возможности механической обработки деталей машин, эффективного применения высокоскоростного резания, обеспечивающего повышение производительности и качества [1–5].

Практикой установлено, что современные режущие пластины из керамики в условиях правильной эксплуатации являются эффективным средством для достижения высокой производительности по сравнению с твердосплавными пластинами.

Керамические сплавы характеризуются высокой твердостью и значительной сопротивляемостью к окислению по сравнению с другими инструментальными материалами, а также высокой стойкостью к образованию трещин и ударной прочностью при температуре выше 1000 градусов. Однако, они достаточно ломки при комнатной температуре. Механические и температурные свойства различных инструментальных материалов показаны в табл. 1.

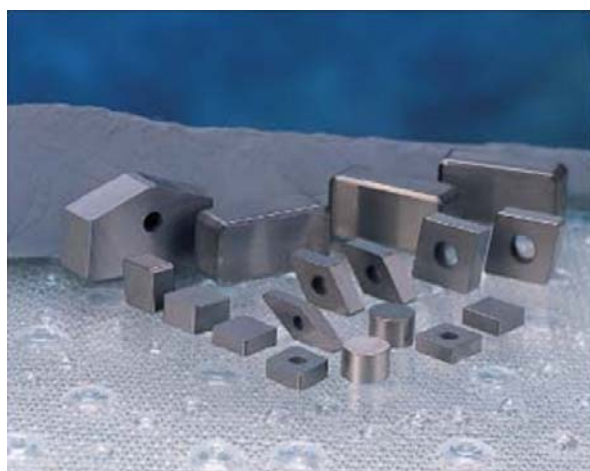
Механические и температурные свойства материалов

	Al ₂ O ₃	Si ₃ N ₄	PCBN	PCD	PCD Hardmetal
Плотность, г/см ³	4,0	3,2	3,4	3,5	14,9
Твердость, HV	1,900	1,700	3,700	7,000	1,400
Ударная вязкость, МПа/м ²	3	6	5	5	12
Теплопроводность, Wm-1/K ⁻¹	30	40	100	120	100
Температура окисления, °C	>2,000	1,300	1,200	650	500

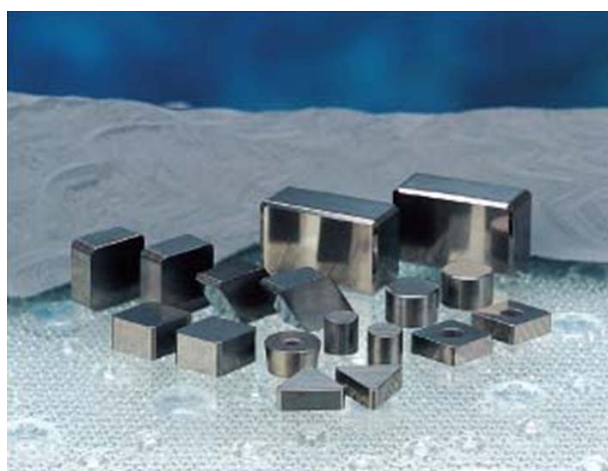
Алюмооксидная керамика (Al₂O₃) характеризуется значительной сопротивляемостью к окислению и высокой устойчивостью в условиях высокоскоростного непрерывного точения материалов на основе железа. Нитрид кремния (Si₃N₄) имеет высокую устойчивость к образованию трещин и значительную сопротивляемость к окислению. Это обеспечивает повышение эффективности черновой обработки материалов на основе железа.

Практикой установлено, что режущие керамические пластины следует применять для обработки материалов после их закалки. Например, в условиях непрерывного точения чугуна и предварительной термообработки материалов рекомендуется использовать режущие керамические пластины на основе оксида алюминия. Режущие пластины на основе нитрида кремния показывают лучшие результаты в условиях черновой обработки чугуна и высокоскоростной обработки жаропрочных материалов на основе никеля.

Режущие керамические пластины на основе оксида алюминия эффективно применять для высокоскоростной обработки закаленной стали благодаря значительной сопротивляемости к окислению и температурной стабильности. Компания TaeguTec (Южная Корея) разработала несколько видов таких керамических сплавов. Так, режущие пластины из керамического сплава АВ30 (рис. 1,а) применяют для точения углеродистых и низколегированных сталей, а режущие пластины из керамического сплава АВ20 (рис. 1,б) - для высоколегированных материалов и сталей с высокой твердостью.



а



б

Рис. 1 – Режущие пластины из керамического сплава АВ30 (а) и АВ20 (б)

Режущие пластины из керамического сплава ТВ650 (CBN) рекомендуется использовать для обработки только закаленных сталей. На диаграмме (рис. 2) схематически показана область применения рассмотренных режущих пластин из керамических сплавов в зависимости от обрабатываемого материала и его твердости. Например, благодаря высокой твердости и стойкости к окислению сплав АВ20 эффективнее применять для механообработки сверхтвердых материалов типа CrMoNi и инструментальных сталей.

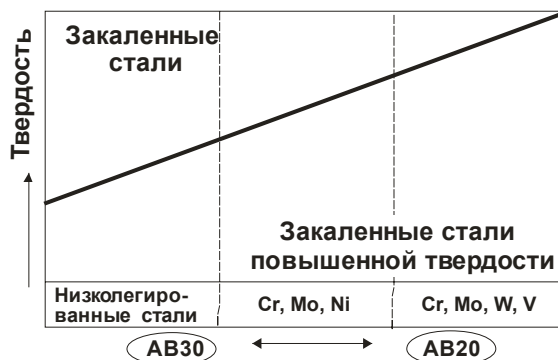


Рис. 2 – Области применения режущих пластин из керамических сплавов в зависимости от обрабатываемого материала и его твердости

Установлено, что наиболее эффективным решением проблемы высокоскоростной обработки чугуна является применение режущих керамических пластин благодаря их высокой твердости и средней вязкости. Режущие пластины из керамического сплава с чистого оксида алюминия АW20 (рис. 3,а) эффективнее применять в условиях высокоскоростной обработки чугунных деталей типа цилиндр.

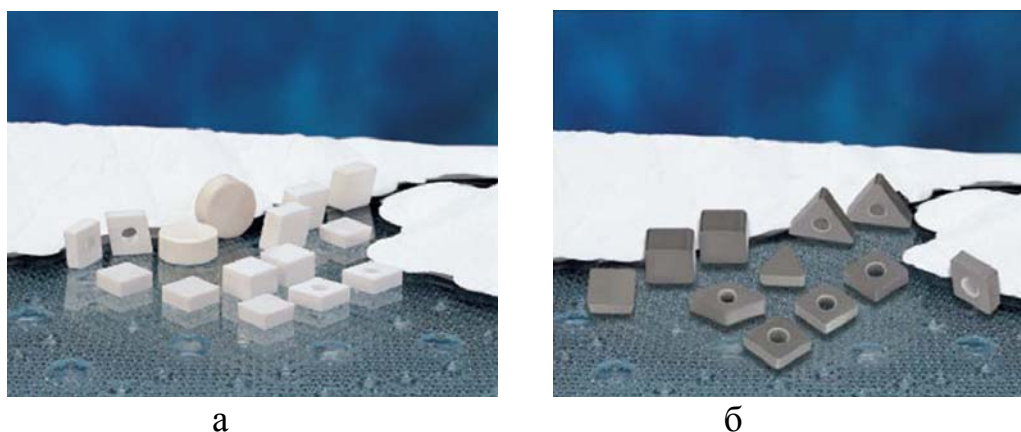


Рис. 3 – Режущие пластины из керамического сплава из чистого оксида алюминия АW20 (а) и на основе нитрида кремния (AS500 и AS10) (б)

Характеризуясь значительной устойчивостью к окислению и температурной стабильности, керамический сплав из чистого оксида алюминия АW20 значительно превосходит по физико-механическим свойствам аналогичные сплавы, которые конкурируют с ним. Керамический сплав на основе нитрида кремния (AS500 и AS10 (рис. 3,б)) имеет чрезвычайно высокую сопротивляемость к выкрашиванию и умеренную жесткость.

Поэтому режущие пластины из данных керамических сплавов рекомендуют использовать для черновых операций токарной обработки деталей из чугуна. Например, для обработки таких деталей, как чугунный автомобильный диск, а также для фрезерования блока цилиндров.

Высокопроизводительную обработку жаропрочных сталей, а также материалов на основе никеля лучше всего осуществлять керамическими пластинами. Данный тип материалов является труднообрабатываемым, его традиционно применяют в аэрокосмической отрасли. Поэтому режущие пластины из керамики на основе нитрида кремния (AS20) рекомендуется использовать для высокоскоростной обработки точением и фрезерованием сплава Инконель 718, который обладает высокой устойчивостью к выкрашиванию и умеренной температурной стабильностью.

В чем же заключаются преимущества от использования режущих пластин из керамических сплавов, разработанных в фирме TaeguTec?

Главное преимущество режущих пластин из керамических сплавов заключается в том, что они обеспечивают чрезвычайно высокую производительность и значительно сокращают расходы на инструмент по сравнению с твердосплавными пластинами.

Как отмечалось выше, по физико-механическим свойствам керамические сплавы значительно превосходят твердые сплавы в случае правильного их применения. Физические характеристики режущих пластин из керамических сплавов, изготавливаемых фирмой TaeguTec, представлены в табл. 2.

Таблица 2

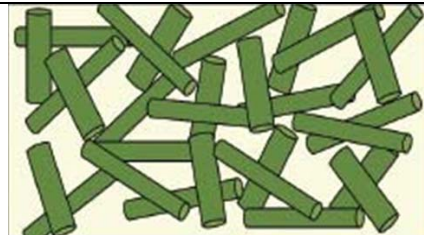
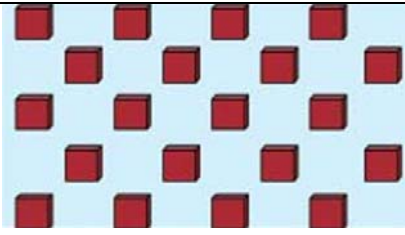
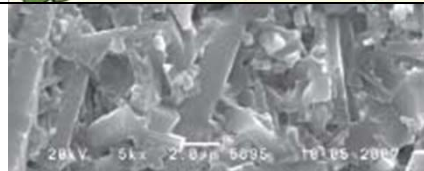
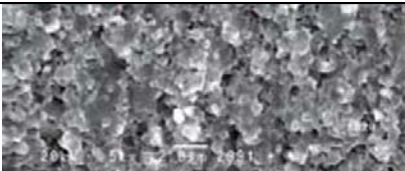
Физические свойства керамических металлорежущих сплавов, изготавливаемых фирмой TaeguTec

Сплав	AW20	AB20	AB30	AS500	AS10
Состав	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ ·TiC	SiAlON	Si ₃ N ₄
Щільність	4,1	4,3	4,2	3,2	3,2
Твердість H _{Ra} (GPa)	93,8 (1,8)	94,5 (2,1)	94,5 (2,1)	93,9 (1,8)	93,7 (1,6)
K _c (MPa/m ^{1/2})	3,0	3,2	3,5	5,5	6,0

Как видно, керамические сплавы на основе нитрида кремния (AS10 и AS500) имеют высокую устойчивость к выкрашиванию по отношению к материалам на основе оксида алюминия, которые показывают более высокую твердость. Сравнение сплавов на основе нитрида кремния и оксида алюминия можно выполнить на основе табл. 3. Исходя из продолговатой микроструктуры, можно сделать вывод, что нитрид кремния более вязкий, чем оксид алюминия. В то же время оксид алюминия является более твердым материалом из-за жесткой мелкозернистой структуры. Поэтому рекомендуется сплав AS10 (или AS500) использовать для черновой обработки чугунов, а сплавы AW20, AB20 и AB30 - для непрерывного точения на высоких скоростях.

Таблица 3

Состав керамических пластин на основе оксида алюминия и нитрида кремния

Сплав		AS500 (нитрид кремния)	AW20 (оксид алюминия)
Состав	Основа	Si_3N_4	Al_2O_3
	Добавки	Al_2O_3 или окисел	Ti, Ti и др.
Стойкость к выкрашиванию		5 – 7	3 – 4
Твердость HV		1600 – 1900	1800 – 2100
Схематичная диаграмма и микроструктура			
			

Опыт эффективного использования режущих керамических пластин.

Первоначально следует рассмотреть высокоскоростное точения цилиндров. Экспериментально установлено, что наиболее эффективно обработку цилиндров осуществлять с применением режущих керамических пластин на основе сплава AW20 (AW1030), которые характеризуются высокой устойчивостью по отношению к пластинам и которые изготовлены из других сплавов и обеспечивают высокое качество обработанных поверхностей. Это следует, например, из рис. 4. Так, стойкость режущих керамических пластин на основе сплава AW1030 вдвое превышает стойкость пластины-конкурента (A1). Режущая пластина из керамического сплава AW1030 состоит из чистых оксидов с PVD TiAl покрытием и со специально подготовленной кромкой, за счет чего достигается высокая устойчивость пластины.

Рассмотрим условия повышения эффективности процесса точения диска. В процессе высокоскоростного точения чугуновых дисков целесообразно использовать режущие пластины из керамического сплава AS500. Этот сплав имеет высокую твердость и высокую устойчивость к выкрашиванию благодаря специальному дизайну и новой технологии изготовления. Надежность этого сплава подтверждена большим количеством производственных испытаний во всем мире.

На рис. 4 показаны керамические пластины после точения дисков. Установлено, что режущие пластины из керамического сплава AS500 имеют устойчивость на 30% выше, чем ближайшие по качеству пластины-конкуренты с подобным составом сплава. Благодаря сочетанию двойной альфа / бета-фазы сплава SiAlON и кристаллической связи достигается высокая стойкость режущего инструмента из керамики. Альфа-фаза сплава SiAlON обеспечивает высо-

кую износостойкость, а бета-фаза увеличивает устойчивость к выкрашиванию. В сумме эти свойства обеспечивают высокую производительность по сравнению с любыми конкурентами на операции точения диска.

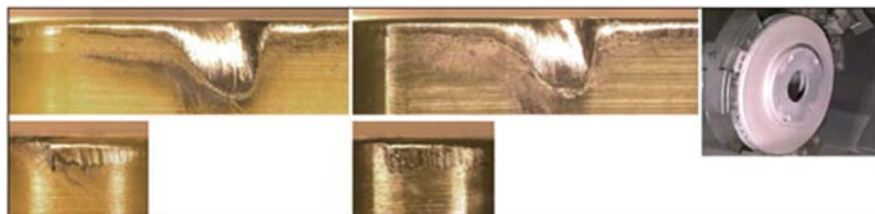


Рис. 4 – Образец износа керамических пластин на основе SiAlON после обработки 150 деталей из сплава AS500 (а); после обработки 100 деталей из сплава B1 (конкурент). Условия обработки: диск 15"; $V = 600$ м/мин; $f = 0,65$ мм/об.; $ap = 2-3$ мм, без охлаждающей жидкости. Пластина SNGX 150716 T7-CN.

Рассмотрим условия повышения эффективности процесса обработки валков, изготовленных из стали. Практикой установлено, что режущие керамические пластины могут эффективно использоваться на операциях чернового точения валков, изготовленных на основе железа высокой твердости, особенно из быстрорежущей, высокохромистых или никельсодержащих сталей. Режущие пластины из керамического сплава AS500 (TaeguTec) рекомендуется использовать для чернового точения, а из керамического сплава AB20 - для чистовой обработки чрезвычайно твердых валков. Пример чернового точения валков показан на рис. 5.

Как видно, стойкость режущих пластин из керамического сплава AS500 на 40% выше стойкости сплава-конкурента на основе Si. На рис. 6 показаны результаты испытания режущих пластин на операциях чистового точения. В данном случае керамический сплав AB20 имеет высокую стойкость на финишных операциях обработки быстрорежущих валков.

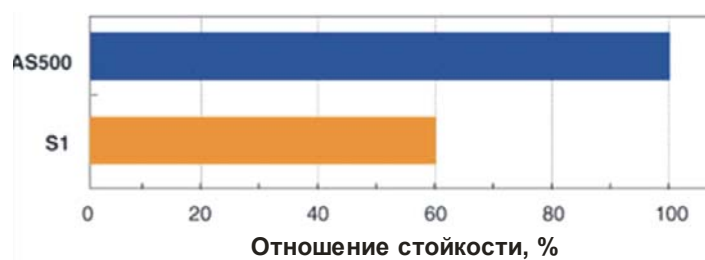


Рис. 5 – Черновое точение валков (HS50): $\varnothing 313$ мм; $V = 50$ м/мин; $f = 0,5$ мм/об.; глубина резания 26 мм; без охлаждающей жидкости. Пластина LNU6688T, AS500 (TaeguTec), S1 (Конкурент).

Подводя итоги, следует отметить, что компания TaeguTec производит уникальные и высококачественные металлорежущие керамические пластины для различных операций обработки, например таких, как высокоскоростное точения блоков цилиндров, обработка большими пластинами твердосплавных валков и др.

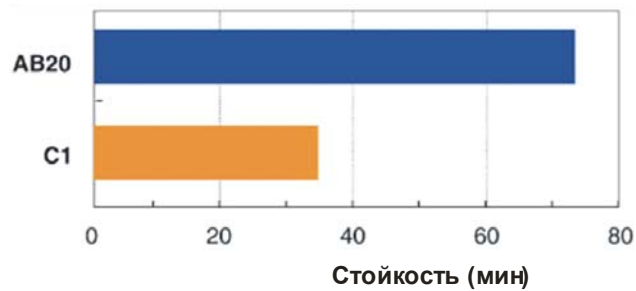


Рис. 6 – Чистовое точение быстрорежущей стали (HS85): $\varnothing 610$ мм; $V = 48$ м/мин; $f = 0,32$ мм/об.; глубина резания 4,3 мм; без охлаждающей жидкости.

Пластина T11-3219, АВ (TaeguTec), С1 (Конкурент).

Керамический сплав на основе SiAlON AS500 является новейшей разработкой для высокоскоростного точения чугуновых дисков, бандажей подшипников и чернового точения железосодержащих валков, а PVD-Сплав AW11030 является наиболее эффективным для непрерывного точения серого чугуна. Сплав PVD АВ2010 обеспечивает высокую стойкость инструмента на операциях скоростного точения закаленных сталей.

Выводы. Приведены характеристики новых инструментальных материалов и новых геометрических форм режущих пластин, изготовленных из керамических сплавов с износостойкими покрытиями, а также результаты исследований высокоскоростного точения инструментами из керамики термообработанных материалов, чугунов, жаропрочных материалов. Обобщен опыт эффективного применения режущих керамических пластин для обработки точением диска, стальных валков и др. Применение приведенных практических рекомендаций позволит повысить эффективность разработки технологических процессов обработки деталей гидравлических систем на основе применения высокоскоростного резания.

Список литературы: 1. Завалеев В. А. Использование способа КИНТ для упрочнения инструмента / В. А. Завалеев, А. А. Романов // Вісник Харківського державного університету сільського господарства. – Харків : ХДУСГ, 2002. – Вып. 10. – С. 180–186. 2. Новіков Ф. В. Теорія високоякісної обробки деталей машин : монографія / Ф. В. Новіков. – Харків: Вид. ХНЕУ, 2013. – 384 с. 3. Обработка резанием деталей с покрытиями / С. А. Клименко, В. В. Коломиец, М. Л. Хейфец и др.; под общей редакцией С. А. Клименко. – К. : ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2011. – 353 с. 4. Жовтобрюх В. А. Разработка и внедрение эффективных технологических процессов механической обработки / В. А. Жовтобрюх // Сучасні системи технологій у машинобудуванні. Збірник наукових праць, присвячений 90-річчю з дня народження професора Одеського національного політехнічного університету (ОНПУ) Якимова О.В. – Д.: ЛІРА, 2015. – С. 92–105. 5. Жовтобрюх В. О. Розробка ефективних технологій високошвидкісної механічної обробки деталей гідравлічних систем / В. О. Жовтобрюх, Ф. В. Новіков // Труды 19-й Международной научно-практической конференции “Физические и компьютерные технологии”. – Харьков : ГП ХМЗ “ФЭД”, 2014. – С. 66–75.