



УДК 621.9.02

ВЫБОР ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ДЛЯ ЛЕЗВИЙНОЙ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

А.И. Залеснов(1)

аспирант 1-го года
кафедра «Технология машиностроения»

Научный руководитель: Е.Н. Петухов,
кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения»

В современном промышленном производстве находят применение разнообразные композиционные материалы, отличающиеся как своими физико-механическими свойствами, так и областями их применения. Композиционные материалы, на основе алюминиевых сплавов, армированных твердыми высокомодульными частицами керамики и интерметаллидов, отличаются более высокими прочностью, модулем упругости и износостойкостью, чем существующие традиционные промышленные алюминиевые сплавы.

Установлено, что АКМ [1] (алюминиевые композиционные материалы) с интерметаллидными и наночастицами при температуре +20 °С имеют твердость на 10 % выше матричного сплава, а при температуре +300 °С превосходят его на 25%. Алюминиевые композиционные материалы, включающие кроме интерметаллидных фаз керамические частицы нано- и микронного размера, имеют твердость на 23% выше, чем матричный сплав, а при температуре +300 °С разница возрастает до 45% (табл. 1).

Таблица 1. Твердость АКМ при температурах +20 и +300 °С

Состав	НВ ²⁰ , МПа	НВ ³⁰⁰ , МПа
АК12	620±10	150±10
АК12+3%Ti (>0,1 мм)	660±10	170±10
АК12+3%Ti+0,2%SiC(50нм)	690±10	190±10
АК12+3%Ti+0,2% SiC (15нм)	690±10	190±10
АК12+3%Ti+0,2%SiC(50нм) +5% SiC(14мкм)	750±10	220±10
АК12+3%Ti+0,2%SiC(15нм) +5% SiC(14мкм)	760±10	220±10
АК12 + 5% (Ti+B ₄ C)+ 5% SiC(28мкм)	760±10	220±10
АК12 + 5% (Ti+B)+ 5% SiC(28 мкм)	760±10	220±10
АК12М2МгН	900±10	190±10
АК12М2МгН+3%Ti (>0,1 мм)	950±10	210±10
АК12М2МгН+3%Ti+0,2Al ₂ O ₃ (30нм)	980±10	240±10
АК12М2МгН+3%Ti+3%Ni+0,2Al ₂ O ₃ (30нм)	1070±10	260±10
АК12М2МгН+3%Ti+0,2%SiC(50нм) +5% SiC(14мкм)	1100±10	270±10

Также в состав данных материалов входят, экзогенные нано- и микроразмерные керамические частицы (SiC, Al₂O₃, TiC, B₄C, аморфного бора и др.), которые по твердости превосходят традиционные обрабатываемые материалы, вследствие чего, окончательная механическая обработка заготовок, при использовании существующего парка оборудования и инструмента вызывает



определенные трудности, выражающиеся в быстром и значительном износе режущего инструмента и больших отклонениях по шероховатости и точности.

Если для обработки алюминиевых сплавов вообще пригодны в той или иной мере практически все инструментальные материалы, то для обработки композиционных материалов, на основе алюминиевых сплавов, с дисперсной наноструктурой, чтобы обеспечить требуемую шероховатость и точность обработанной поверхности, необходимо проводить подбор инструмента, отталкиваясь от свойств материалов армирующих его [6].

Твердость таких армирующих материалов как SiC (карбид кремния), Al₂O₃ (оксид алюминия), TiC (карбид титана) и др. превосходит твердость быстрорежущих сталей или находится в тех же пределах, что твердые сплавы и керамика, тогда как для эффективного осуществления процессов резания соотношение микротвердости должно составлять 4-6 раз [6]. На основании этого можно предположить, что для обработки данных композиционных материалов необходимо применять инструмент из ССМ (сверхтвердых синтетических материалов), таких как синтетический алмаз АСПК (Алмаз синтетический поликристаллический «КАРБОНАДО»), или кубического нитрида бора, например композита 01, так как микротвердость данных материалов превышает микротвердость твердых высокомолекулярных частиц керамик и интерметаллидов в 3-4 раза [4].

ГОСТом 13297-86 предусмотрены резцы и вставки алмазные. По абразивным свойствам алмаз имеет неоспоримые преимущества перед всеми известными твердыми материалами. Преимущества перед другими инструментальными материалами алмазу создают, главным образом, три его физико-технические особенности: 1) исключительная твердость кристаллов; 2) высокое поверхностное натяжение и 3) большая теплопроводность. Такое сочетание физико-технических свойств не имеет ни один из всех известных твердых материалов.

Аналогом данного материала являются эльбор, микротвердость которого приближается к алмазу. Важнейшее свойство эльбора – это способность противостоять циклическому воздействию высоких температур, в результате чего термостойкость эльбора составляет 1400 -1500 °С [5].

Алмазные и эльборовые лезвийные инструменты позволяют обрабатывать различные по свойствам материалы и получать изделия высоких классов точности и шероховатости. Геометрические параметры алмазных и эльборовых резцов (рис. 1.) приведены в табл. 2,3, где, кроме значений углов (передний γ , главного заднего α , углов в плане φ , φ_1 , φ_0 , φ_1' и угла наклона главной режущей кромки λ), показаны варианты оформления вершины резца, нашедшие применение в производстве (I – радиусная; II – однофасеточная; III – многофасеточная).

При выборе углов руководствоваться следующими соображениями: а) хрупкость алмаза требует придания режущему инструменту возможно большего угла заострения (не менее 80-85°) и возможно более прочной формы; б) желательно применение небольших вспомогательных углов в плане (до 0°), так как это способствует повышению прочности резца и снижению шероховатости обработанной поверхности; в) при больших углах в плане, особенно в случае, когда применяют резцы с $\varphi = \varphi_1 = 45 - 50^\circ$, необходимо делать достаточно большой радиус закругления между кромками ($r = 0.5 - 1.5$ мм); при этом следует иметь в виду что увеличение радиуса закругления приводит к повышению радиальной силы резания и снижению точности обработки при недостаточно жесткой системе СПИД; чрезмерные радиусы закругления могут быть причиной губительных для алмаза вибраций [2].



Материал обрабатываемой детали	Марка алмаза	Углы реза, град ($\lambda = 0$)					Оформление вершины		
		γ	α	φ	$\varphi_1 = \varphi_0$	φ_1	Форма заточки	l , мм	r , мм
Алюминий	А	0	6-12	45	0-0° 30'	45	I-III	0.2-0.3	0.2-0.5
	АСП	0	6-12	40	0	40	I-III	0.2-0.3	0.2-0.5
Дюралюминий Д16Т	А	0-(-3)	8-10	45	0-0° 30'	45	I-III	0.2-0.3	0.2-0.5
	АСП	0	10-12	40	0	40	I-III	0.2-0.3	0.2-0.5

А – алмаз природный; АСП – алмаз синтетический полукристаллический

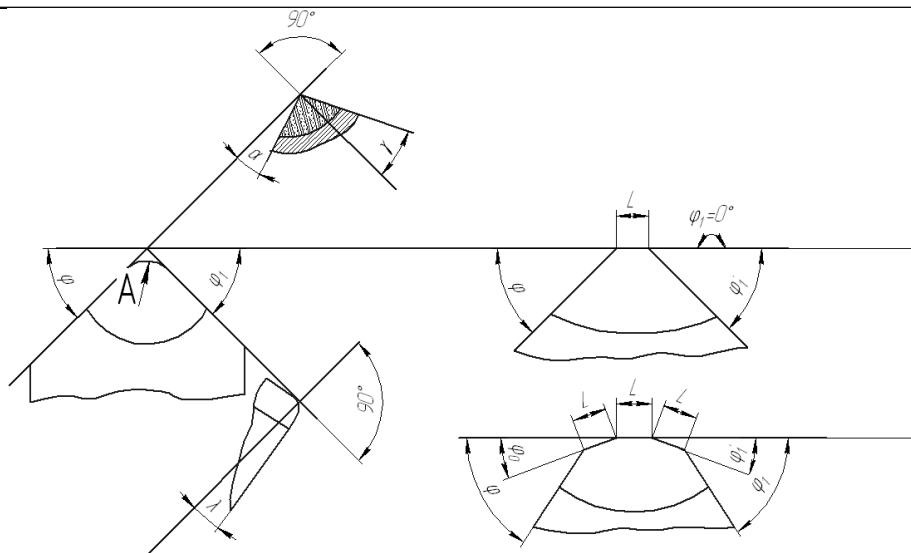


Рис. 5.1 Геометрия алмазного реза

Таблица 3. Геометрические параметры резов из композита 01

Тип реза	Углы реза, град					r , мм
	γ	α	φ	φ_1	λ	
Прямой проходной	-5 ... -15	10-20	30-60	5-15	0-10	0,1-1
Подрезной отогнутый	-5 ... -10	10-20	90-100	0-5	0-10	0,1-1
Расточные для обработки отверстий:						
	сквозных	0 ... -5	10-20	45-60	10-30	0-10
глухих	0 ... -5	10-20	90-100	0-10	0-10	0,1-0,6
Резьбовые для метрической резьбы	0 ... -2	3-5	60	60	0	По резьбе

Рекомендации, представленные в табл.2 и 3, являются ориентировочными и требуют уточнения при обработке данных материалов.

Конструкции лезвийного инструмента различаются методами закрепления режущих кристаллов в державке. Для алмазных резов применяют следующие методы крепления кристалла в державке: а) прессование алмазов в металлокерамические вставки и крепление последних с помощью механических прижимов в державке; б) зачеканивание алмаза в закрытом пазу державки твердым припоем; в) пайка алмаза в открытом пазу державки твердым припоем.

Наибольшее применение для крепления кристалла в инструменте из композита 01 получили пайка и метод порошковой металлургии. При пайке заготовку из этого материала крепят непосредственно в теле инструмента. Методом порошковой металлургии изготавливают вставки с режущим элементом из композита 01, устанавливаемые в державку.

Преимуществами пайки являются простота конструкции и небольшие габаритные размеры инструмента, высокая прочность и надежность крепления



кристаллов, возможность использования кристаллов сравнительно небольшого размера (0,31 – 0,6 карата). Недостатками метода крепления пайкой являются нежелательный нагрев кристалла, необходимость в ряде случаев отпайки кристалла при переточки резца, необходимость подгонки поверхностей кристалла и державки под пайку. Частично эти недостатки устраняют при предварительной металлизации кристаллов.

На рис. 2 показана конструкция резцов с напаянными режущими элементами из сверхтвёрдых материалов, а в табл. 4 даны их размеры. На рис. 3 приведена конструкция резцов с начеканенными или запаянные в закрытом пазу режущими элементами, а в табл. 4 даны размеры этих резцов.

Таблица 4. Размеры цельных резцов, устанавливаемых в державки (мм)

D	H	l	h
6-20	4,5-18,5	10-100	-
6-12	5-11	10-60	3-6

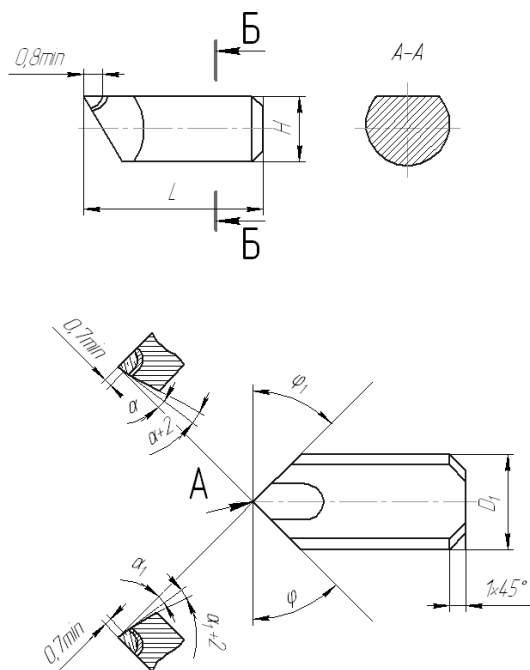


Рис. 2 Конструкция резца с напаянным режущим элементом

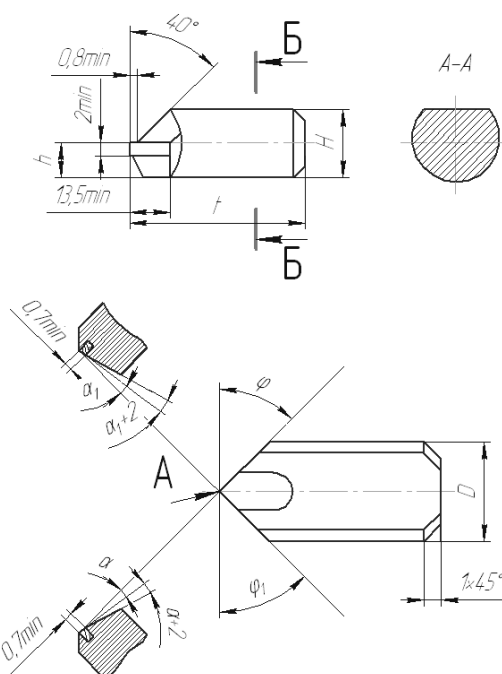


Рис. 3 Конструкция резца с запаянным или начеканенным режущим элементом

Изготавливаются вставки перетачиваемые из кубического нитрида бора к токарным резцам с неразъемно закрепленными поликристаллами композита 10 с ϕ , равным 10° , 10° , 15° , 35° , 45° , 60° , правые и левые [3] в Северо-западном центре алмазного инструмента г. Санкт-Петербург.

Важной положительной особенностью механического крепления кристаллов в державке является возможность использования одной державки для работы с различными кристаллами (меняется лишь вставка с алмазом или эльбором).

Результатом проделанной работы стало: определение материала режущего инструмента, с помощью которого становится возможной обработка композиционных материалов на металлической основе, армированных твердыми высокомодульными частицами керамики и интерметаллидов с требуемой шероховатостью и точностью обработанной поверхности.



Литература

- 1) *Панфилов А.В., Панфилов, А.А. Петрунин, А.В.* Синтез структуры и свойства объемных наноструктурированных алюмоматричных композиционных материалов конструктивного назначения. // *Нанотехника -2007 - №11(3) - с.76 -81*
- 2) *Абразивная и алмазная обработка метериалов: Справочник / А.Н. Резников, Е.И. Алексанцев, Я.К.Барау и др. – М.: Машиностроение, -1977 –391 с.*
- 3) *Режущие инструменты, оснащенные сверхтвердыми и керамическими материалами, и их применение: Справочник / В.П. Жедь, Г.В. Боровский, Я.А. Музыкант, Г.М. Ипполитов. – М.: Машиностроение, 1987 – 328 с.*
- 4) *Краткий справочник металлста / Под общ. ред. П.Н. Орлова, Е.А. Скороходова. – М.: Машиностроение, 1986. - 960 с.*
- 5) *Эльбор в машиностроении / Под общ. ред. В.С. Лысанова. – Л.: Машиностроение, 1978. - 280 с.*
- 6) *Степанов А.А.* Обработка резанием высокопрочных композиционных материалов. – Л.: Машиностроение, 1987. – 176 с.