

## ОГЛАВЛЕНИЕ

<b>Предисловие</b> .....	7
(Новиков Н. В.)	
Глава 1	
<b>Инструментальные сверхтвердые материалы</b> .....	10
(Новиков Н. В., Девин Л. Н., Дуб С. Н.)	
1.1. О сверхтвердых материалах .....	10
1.2. Физико-механические свойства .....	11
1.3. Общая классификация .....	25
1.4. Применение инструментальных сверхтвердых материалов .....	30
Глава 2	
<b>Получение сверхтвердых материалов</b> .....	35
(Шульженко А. А.)	
2.1. Синтетические алмазы .....	35
2.2. Кубический нитрид бора .....	47
2.3. Поликристаллические сверхтвердые материалы .....	52
Глава 3	
<b>Порошки из синтетических алмазов</b> .....	61
(Богатырева Г. П.)	
3.1. Извлечение алмазов из продукта синтеза .....	64
3.2. Шлифпорошки из синтетических алмазов .....	67
3.3. Микро-, субмикророшки синтетических алмазов .....	76
3.4. Нанорошки синтетических алмазов .....	80
Глава 4	
<b>Методы испытаний инструментальных материалов</b> .....	82
(Новиков Н. В., Лошак М. Г.)	
4.1. Определение характеристик алмазных порошков .....	82
4.1.1. Основные характеристики .....	83
4.1.2. Специальные характеристики .....	94
4.2. Определение характеристик КНБ порошков .....	98
4.3. Корпуса и державки для инструментов на основе СТМ .....	99
4.4. Технологические испытания .....	100
4.4.1. Приемо-сдаточные испытания .....	101
4.4.2. Периодические испытания .....	102
4.4.3. Сертификационные испытания .....	103
Глава 5	
<b>Виды инструментов</b> .....	106
(Шепелев А. А.)	
Глава 6	

<b>Абразивные инструменты</b> .....	111
(Шило А. Е., Шепелев А. А.)	
6.1. Классификация конструкций абразивных кругов .....	111
6.2. Особенности изготовления КНБ- и алмазно-абразивных инструментов на металлической, керамической и органической связках .....	116
6.2.1. Алмазсодержащие инструментальные композиты на металлической связке .....	119
6.2.2. Изготовление инструментов на гальванической связке .....	126
6.2.3. Алмазсодержащие инструментальные композиты на органической связке .....	129
6.2.4. Инструменты на каучукоподобной связке .....	136
6.2.5. Алмазсодержащие инструментальные композиты на керамической связке .....	139
6.3. Области эффективного применения абразивных инструментов .....	146
Глава 7	
<b>Лезвийные инструменты</b> .....	156
(Клименко С. А., Гриценко Э. И., Девин Л. Н., Мельничук П. П.)	
7.1. Виды лезвийных инструментов .....	158
7.1.1. Крепление режущих элементов в инструменте .....	158
7.1.2. Режущие пластины и вставки .....	162
7.1.3. Резцы, оснащенные СТМ .....	165
7.1.4. Фрезы, оснащенные режущими элементами из СТМ .....	171
7.1.5. Инструменты для обработки отверстий .....	174
7.1.6. Режущие инструменты для обработки в условиях гибкого автоматизированного производства .....	176
7.2. Изготовление режущих элементов из СТМ .....	177
7.2.1. Разрезка заготовок ПСТМ и монокристаллов алмаза .....	177
7.2.2. Алмазно-абразивная обработка .....	181
7.3. Особенности эксплуатации инструментов из СТМ .....	205
7.3.1. Инструменты с режущими элементами из природных алмазов ....	205
7.3.2. Инструменты с режущими элементами из синтетических алмазов ...	217
7.3.3. Инструменты с режущими элементами из ПСТМ на основе плотных модификаций нитрида бора .....	223
7.4. Методы оценки надежности инструментов из сверхтвердых материалов ....	229
7.5. Области эффективного применения режущих инструментов из СТМ ....	236
7.5.1. Применение алмазных инструментов .....	236
7.5.2. Применение инструментов с режущими элементами из ПСТМ на основе VN .....	239
7.6. Перспективы применения режущих инструментов из СТМ .....	249
Глава 8	
<b>Сложнофасонные металлообрабатывающие инструменты</b> .....	249
(Розенберг О. А.)	
Глава 9	

<b>Правящие алмазные инструменты. Профильные круги</b> .....	274
(Химач О. В.)	
9.1. Технологические особенности изготовления инструментов для правки и профилирования шлифовальных кругов из СТМ .....	283
9.2. Методы, условия и режимы эксплуатации; области применения правящих инструментов и профильных алмазных шлифовальных кругов ...	286
9.3. Технологические рекомендации по изготовлению алмазных правящих роликов ..	293
Глава 10	
<b>Инструменты для заточки</b> .....	296
(Шепелев А. А.)	
10.1. Особенности заточки инструментами из СТМ .....	297
10.2. Способы заточки инструментов .....	305
10.3. Области применения шлифовальных кругов из СТМ .....	310
Глава 11	
<b>Инструменты для формирования поверхностей комбинированными способами обработки</b> .....	321
(Новиков Н. В., Гурвич Р. А., Лавриненко В. И.)	
11.1. Шлифовальные круги из СТМ для обработки плоских поверхностей режущих инструментов .....	323
11.2. Инструмент для обработки поверхностей вращения .....	329
11.2.1. Инструменты для обработки круглых наружных поверхностей ..	330
11.2.2. Инструменты для формирования внутренних поверхностей .....	333
11.2.3. Инструменты для алмазно-электролитического сверления .....	365
Глава 12	
<b>Инструменты для финишной обработки</b> .....	380
(Стахнив Н. Е., Никитин Ю. И.)	
12.1. Основные виды инструментов для финишной обработки .....	380
12.2. Суперфиниширование .....	382
12.2.1 Особенности процесса .....	382
12.2.2. Инструменты для суперфиниширования .....	385
12.2.3. Особенности эксплуатации инструментов .....	385
12.3. Хонингование .....	387
12.3.1. Сущность процесса хонингования .....	387
12.3.2. Инструменты для хонингования .....	389
12.3.3. Особенности эксплуатации инструментов .....	392
12.3.4. Хонингование закаленных чугунов и сталей .....	393
12.3.5. Хонингование эластичными брусками .....	395
12.4. Доводочные инструменты .....	397
12.5. Особенности работы инструментов при доводке и полировании плоских поверхностей .....	398
12.6. Пасты и суспензии из порошков сверхтвердых материалов .....	400
12.7. Области применения паст и суспензий из сверхтвердых материалов ....	419
Глава 13	

<b>Инструменты для обработки стекла</b> .....	429
(Филатов Ю. Д.)	
13.1. Конструкции алмазных инструментов .....	429
13.2. Особенности применения алмазных инструментов при обработке стекла ...	432
Глава 14	
<b>Инструменты для обработки полимерных композиционных материалов</b> .....	450
(Сороченко А. А.)	
14.1. Виды и основные конструкции инструментов .....	450
14.1.1. Алмазные отрезные круги .....	452
14.2. Алмазные круги и барабаны .....	454
14.3. Алмазные головки шлифовальные .....	457
14.4. Алмазные ножовочные полотна .....	458
Глава 15	
<b>Инструменты для обработки древесных материалов, пластиков и резины</b> .....	461
(Федосеев Л. А.)	
15.1. Режущие инструменты для обработки древесных плит, слоистых пластиков, резины.....	461
15.1.1 Алмазные барабаны.....	462
15.1.2. Алмазные отрезные круги.....	468
14.1.3. Круглые пилы с АТП.....	469
15.2. Области применения инструмента.....	472
15.2.1. Алмазно-абразивная обработка ДСтП, пластиков и резины.....	472
15.2.2. Круглые пилы с АТП для обработки ДСтП .....	477
Глава 16	
<b>Алмазные инструменты для обработки природного камня и строительных материалов</b> .....	482
(Майстренко А. Л.)	
Глава 17	
<b>Горные и породоразрушающие инструменты</b> .....	502
(Свешников А. А.)	
17.1. Физико-механические свойства горных пород .....	502
17.2. Способы разрушения горных пород .....	507
16.2.1. Ударно-поворотное (перфораторное) бурение .....	507
16.2.2. Ударно-вращательное бурение шпуров и скважин .....	509
16.2.3. Вращательное бурение .....	509
17.3. Выбор высокоэффективного породоразрушающего инструмента .....	512
17.4. Применение новых высокоизносостойких сверхтвердых материалов в породоразрушающих инструментах .....	515
17.5. Восстановление затупленных буровых коронок ударного действия алмазным инструментом .....	516

## Предисловие

Настоящее издание представляет обобщение опыта производства и применения инструментов из сверхтвердых материалов (СТМ) – алмазного углерода и алмазоподобного нитрида бора. Назначение издания – служить учебным пособием с изложением систематизированных знаний из областей материаловедения СТМ, производства, детального описания абразивных и лезвийных инструментов из них, обоснования предпочтительных областей применения таких инструментов с оценкой их эффективности по сравнению с другими инструментами.

Пособие составлено на основе опыта, анализа и обобщения разработок Института сверхтвердых материалов им. В. Н. Бакуля Национальной академии наук Украины. За 40 лет работы института, после его создания в 1961 году для разработки промышленной технологии синтеза алмазов из графита, накоплен значительный объем знаний о производстве СТМ и их применении. Сложилась реальная оценка эффективности применения инструментальных СТМ, стало возможным обоснованное прогнозирование развития их производства исходя из потребностей мирового рынка.

Сверхтвердые инструментальные материалы заняли важное место в технике и производстве. Их применение определяет возможность производительность механообработки наиболее высокопрочных и труднообрабатываемых конструкционных и функциональных материалов, удельное использование которых в новой технике непрерывно возрастает. Это прежде всего относится к автомобилестроению, производству авиатехники, ракетно-космических конструкций, изготовлению основных элементов радиоэлектроники и электротехники, выполнению изделий из гранита и других высокопрочных, абразивных строительных материалов. Инструменты из СТМ определяют эффективность бурения нефтяных и газовых скважин, выполнения строительных и ремонтно-восстановительных работ с железобетонными конструкциями.

К отличительным особенностям инструментов из сверхтвердых природных и синтетических алмазов (ПА и СА), кубического нитрида бора (КНБ) относятся не только наивысшая твердость, возможность из-

готовления архиострых лезвийных, самозатачивающихся высокоабразивных инструментов. Этим материалам свойственны высокие износостойкость, теплопроводность, коррозионная устойчивость, низкий коэффициент трения, а следовательно малый износ, надежность, долговечность, большой рабочий ресурс, инструментальная стойкость. Применение инструментов из СТМ незаменимо при производстве изделий из стекла, полупроводниковых германия и кремния, технической керамики с высочайшей чистотой поверхности, близких к абсолютной гладкости, получении прецизионных по размерам и геометрии изделий.

Необходимо отметить перспективу развития высоких технологий в XXI веке. Прогнозируется увеличение выпуска станочного оборудования для механообработки с параллельной кинематикой. В них будут использоваться информационно-управляющие компьютерные системы, позволяющие в реальном времени осуществлять адаптацию инструментального блока с большой гибкостью изменения параметров – подачи, скорости, сочетания различных операций. В этих системах исполнительные механизмы обеспечат инструменту до шести степеней свободы движения. Новая тенденция – предоставление возможности механическим устройствам малоинерционно следовать за исключительно гибкой способностью мощных быстродействующих вычислительных компьютерных комплексов – повысит перспективу использования инструментов из СТМ. Только их характеристики полностью соответствуют требованиям исключительной жесткости, динамической устойчивости, кинематической подвижности инструментальной головки.

В таких системах параметры обработки можно будет пооперационно уточнять в реальном времени, учитывая результаты предварительно достигнутого технологического состояния.

Для технического использования такого потенциала в новой концепции систем механообработки необходимо будет добавить инструментальным системам возможность самокалибровки, малоинерционной нелинейной смены режимов обработки, полного контроля системы «станок–инструмент–деталь» в любой момент рабочего цикла.

Среди известных материалов сверхтвердые инструментальные наиболее соответствуют выполнению таких задач.

Пособие составлено таким образом, что каждый раздел и главы представляют собой отдельные законченные лекции. Это, конечно, приводит к повторению отдельных положений, возможны некоторые отклонения от общего описания.

Все разделы и главы написаны ведущими специалистами ИСМ им. В. Н. Бакуля, которые имеют многолетний опыт разработки, изготовления и применения инструментов из СТМ: Богатырева Г. П. (гл. 3), Гриценко Э. И. (разд. 7.2, 7.5), Гурвич Р. А. (гл. 11), Девин Л. Н. (разд. 1.3, 1.4, 7.4), Дуб С. Н. (разд. 1.3), Клименко С. А. (гл. 7), Лавриненко В. И. (разд. 11.1), Лошак М. Г. (гл. 4), Майстренко А. Л. (гл. 16), Мельничук П. П. (разд. 7.2), Никитин Ю. И. (разд. 12.6, 12.7), Новиков Н. В. (гл. 1, 4, 11), Розенберг О. А. (гл. 8), Свешников А. А. (гл. 17), Сороченко А. А. (гл. 14), Стахнив Н. Е. (разд. 12.1–12.5), Шепелев А. А. (гл. 5, 10, разд. 6.1, 6.3), Шило А. Е. (разд. 6.2), Шульженко А. А. (гл. 2), Филатов Ю. Д. (гл. 13), Федосеев Л. А. (гл. 15), Химач О. В. (гл. 9).

Авторы выражают глубокую благодарность специалистам других организаций за предоставленную ими информацию и публикации, а также всем помощникам, консультантам и рецензентам, техническим работникам, обеспечившим выпуск настоящего пособия.

Авторы внимательно отнесутся ко всем замечаниям и предложениям об уточнении, дополнении, более ясном изложении материала.

Н. В. Новиков,  
академик НАН Украины,  
профессор