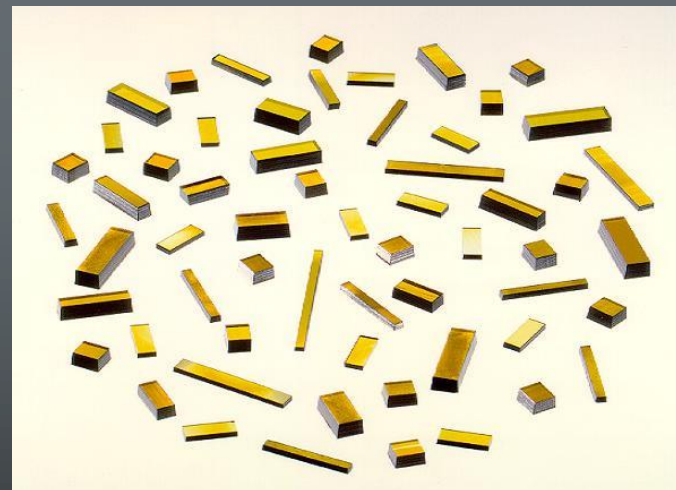


CVDress / Monodress

Перспективные материалы для правильного
инструмента



Что такое ГФХО (CVD)?

Газофазное Химическое Осаждение (ГФХО)

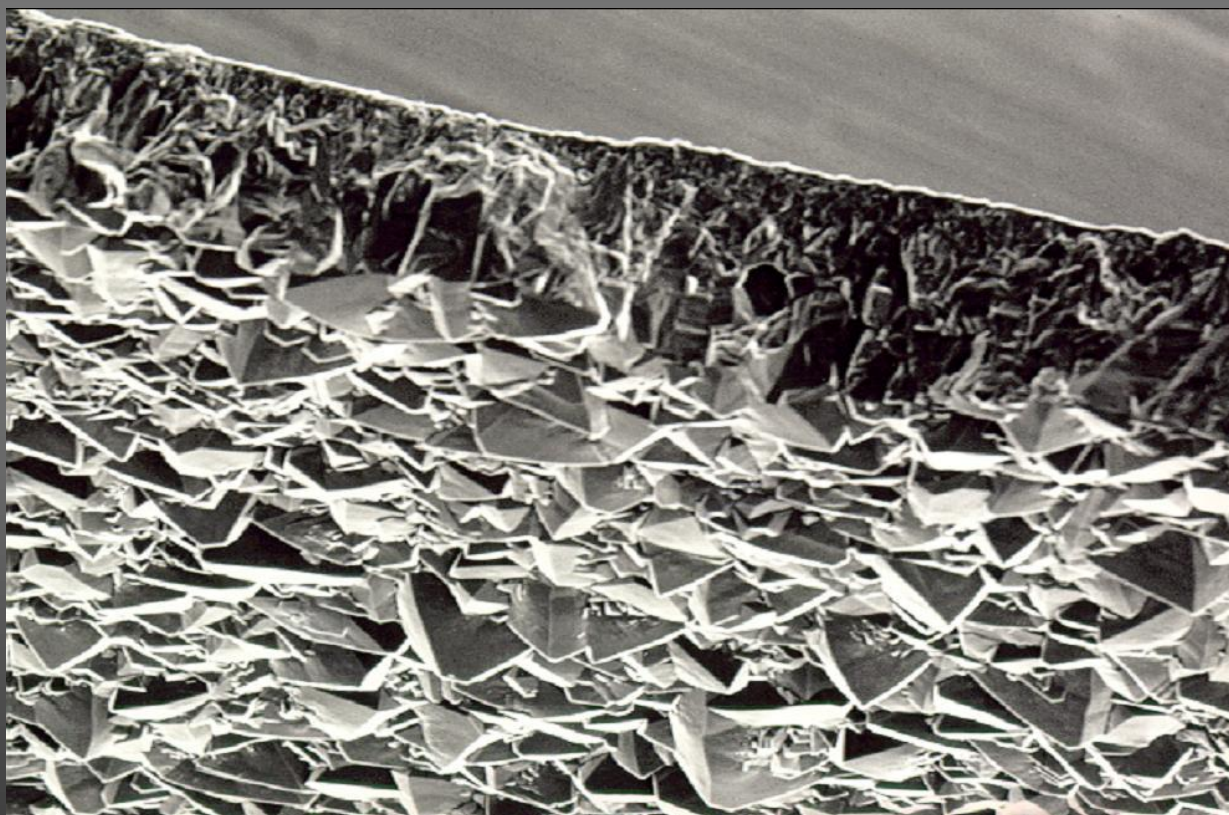
- Данное название было присвоено высокотехнологичному процессу выращивания кристаллов, который был разработан более 30 лет назад для полупроводниковой промышленности.
- Данная технология включает осаждение вещества из горячего газа на охлажденную поверхность (или подложку) при давлении ниже атмосферного.
- Метод ГФХО может быть использован для выращивания тонкопленочных покрытий на подложках или отдельных кристаллов большой толщины.

Что такое алмазная пленка ГФХО?

- Алмазная пленка ГФХО представляет собой беспримесный углерод, который не имеет связующей фазы.
- Отличается поликристаллической “столбчатой” структурой
 - Имеет структуру с проникающими друг в друга зернами.
 - Размер зерен определяется типом и качеством алмаза.
- Материал химически инертен, характеризуется исключительной теплопроводностью, повышенной стойкостью к термическому окислению в сочетании с прекрасными показателями износостойкости.

Какие алмазные пленки позволяет получать метод газофазного химического осаждения?

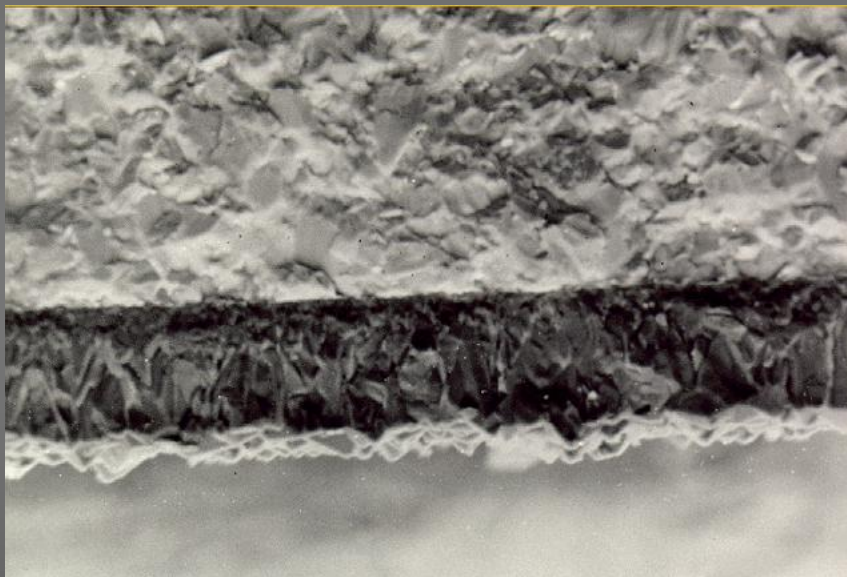
Процессы управляемого синтеза позволяют получить слой кристаллов алмаза значительной толщины.



Микрофотография, полученная с помощью сканирующей электронной микроскопии, показывает отдельный слой алмазной пленки ГФХО толщиной 0,15 мм

В чем заключается метод ГФХО для получения алмазной пленки?

Компания Element Six разработала технологию газофазного химического осаждения (ГФХО) поликристаллических алмазов толщиной от нескольких микрон до нескольких миллиметров.



Микрофотография СЭМ алмазного покрытия ГФХО толщиной 20 мкм на подложке из SiC

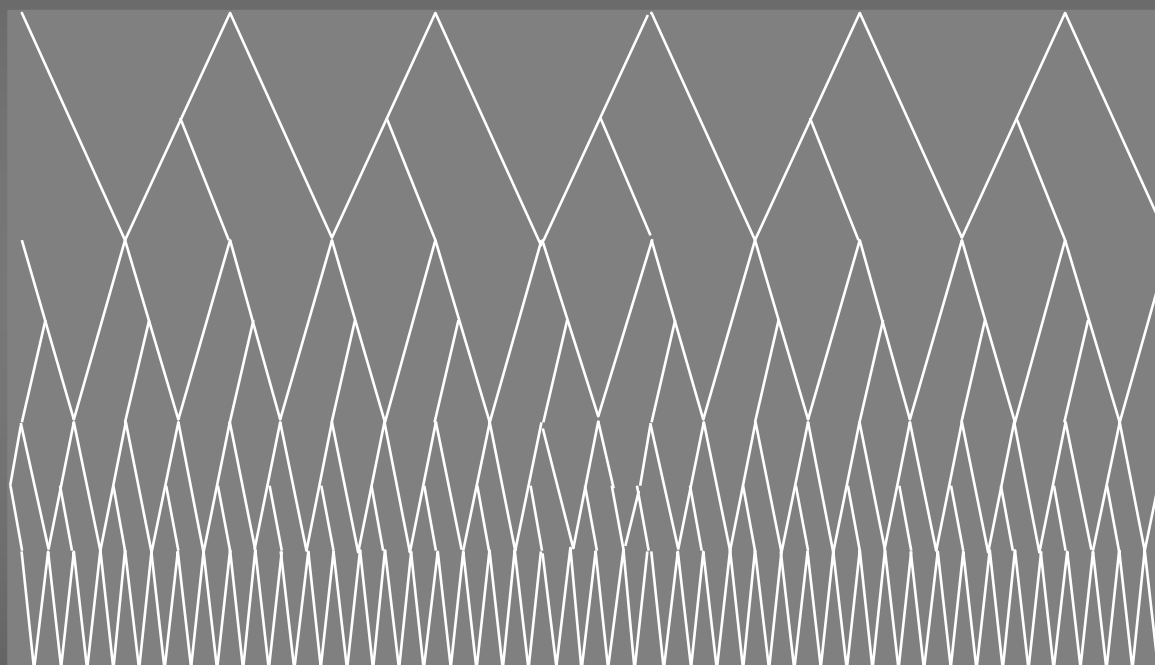


Микрофотография СЭМ отдельного алмазного слоя ГФХО алмаза толщиной 2,3 мм

Микрофотография СЭМ сечения алмазной пластины ГФХО непосредственно после выращивания.

Поверхность роста – Зона крупнозернистой структуры

10-500 мкм
или более
в зависимости
от размера



5-10 мкм

Поверхность образования центров кристаллизации – Зона мелкозернистой структуры

Какими методами получают алмазные пленки ГФХО?

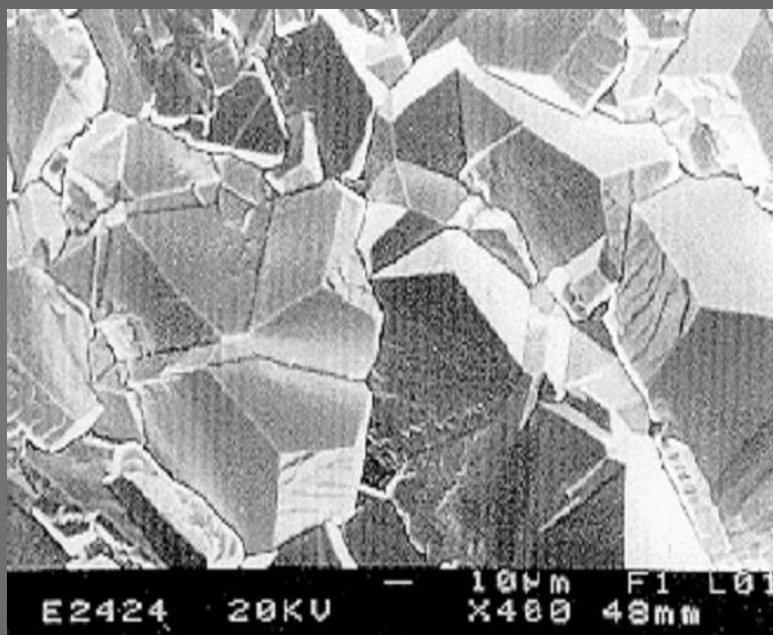
- Микроволны
- Нить накаливания
- Плазменные струи
- Кристаллизация в пламени
- Тлеющий разряд
- Лазеры

Необработанные диски с алмазной пленкой ГФХО технического класса

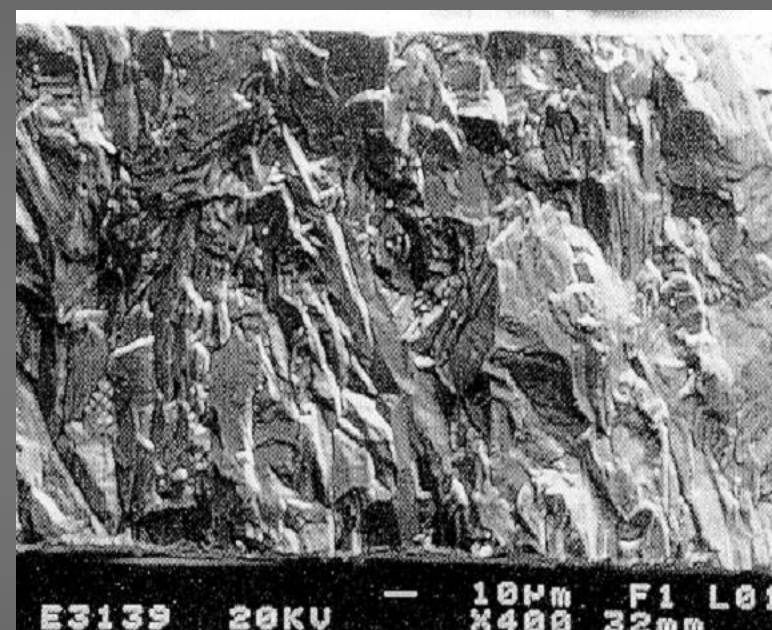


Микрофотографии СЭМ алмазной пластины ГФХО

Виден поликристаллический слой проросших кристаллов алмаза



Микрофотография СЭМ поверхности алмазной пластины ГФХО непосредственно после выращивания



Микрофотография СЭМ сечения алмазной пластины ГФХО непосредственно после выращивания

Какие марки алмазных пленок ГФХО имеются в наличии?

ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ

CVDRESS [Технический класс]
алмазные пленки ГФХО для правильного
инструмента

CVDITE [Технические классы]
алмазные пленки ГФХО для инструментов
с профильной режущей кромкой

Почему предлагаются именно алмазные пленки ГФХО?

- Уникальная комбинация свойств, отсутствующих у других материалов, включая природные алмазы

- Высокая прочность
- Высокое сопротивление истиранию
- Высокая термостойкость
- Высокая чистота (отсутствие растворителей / катализаторов)
- Однородность структуры
- Высокая теплопроводность
- Оптическая прозрачность
- Химическая инертность
- Большая площадь поверхности
- Возможность получения трехмерных покрытий значительной толщины

- Новые возможности

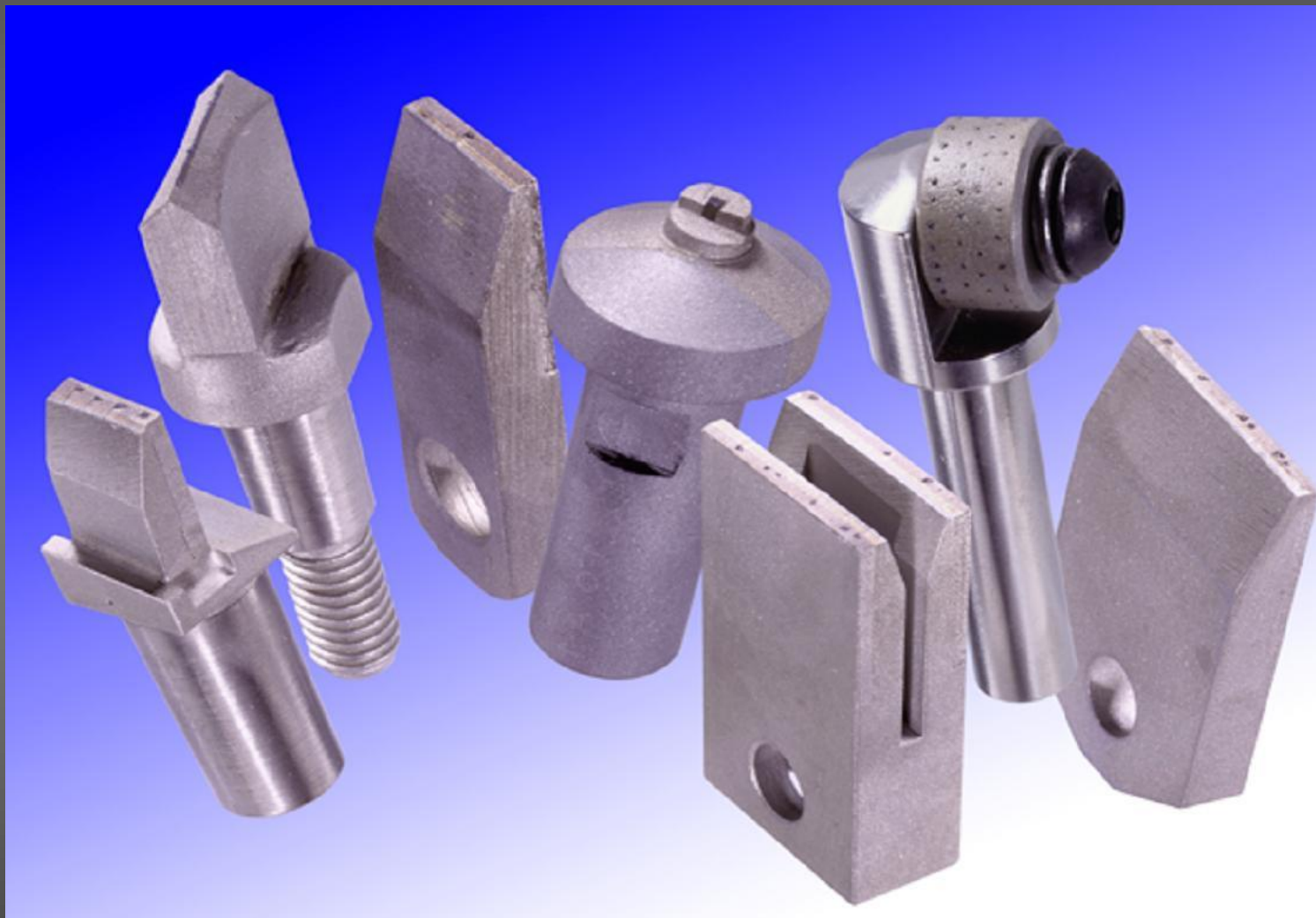
Резюме: алмазные пленки ГФХО

- Компания Element Six реализует программу комплексных научно-исследовательских работ и располагает значительной технической базой для производства алмазных пленок ГФХО.
- Исследования в области получения алмазных пленок ГФХО активно продолжаются
- Дальнейшая информация будет предоставляться по мере появления на рынке новых материалов и изделий

CVDress



Некоторые примеры использования CVDress в правильном инструменте



Свойства алмазных пленок, используемых для изготовления ГФХО правильного инструмента

- Высокая чистота
 - Отсутствие растворителей / катализаторов
- Высокая теплопроводность
 - Выше 1300 Вт/м.К
- Высокая термостойкость
 - Термостойкость до температуры 1200°C в неокисляющей атмосфере
- Высокая механическая прочность
 - Подходит для правки любых типов шлифовальных кругов

Механические характеристики алмазных пленок ГФХО CVDress

Характеристики	Алмазная пленка ГФХО	Монокристалл	Поликристаллическая структура (PCD) марки 010
Плотность (г/куб.см)	3,52	3,52	4,12
Твердость (ГПа)	85 – 100	50 - 100	50
Трещиностойкость (МПа.м ^{1/2})	5,5	3,4	8,81
Модуль Юнга (ГПа)	1000 – 1100	1000 – 1100	776
Коэффициент Пуассона	0,07	0,07	0,07
Предел прочности на растяжение (МПа)	400 – 800 (Зона роста – Зона образования центров кристаллизации)	1050 – 3000 (Зона роста – Зона образования центров кристаллизации)	1260
Сопротивление поперечному разрыву (ГПа)	1,3	2,9	1,2
Предел прочности на сжатие	9,0	9,0	7,60

Тепловые характеристики алмазных пленок ГФХО CVDress

Характеристики	Алмазная пленка ГФХО	Монокристал- лический алмаз	Поликристалли- ческая структура (PCD) марки Syndite 010
Коэффициент теплопроводности при 20°C (Вт/м.К)	500 – 2200	600 – 2200	560
Коэффициент теплопроводности при 200°C (Вт/м.К)	500 – 1100	600 – 1100	200
Коэффициент температуропроводности (см ² /с)	2,8 – 11,6	5,5 – 11,6	2,7
Коэффициент теплового расширения 100°C – 250°C (млн-1/К)	1,21	1,21	4,2
500°C (млн-1/К)	3,84	3,84	
750°C (млн-1/К)	4,45	4,45	6,3

Независимость рабочих характеристик CVDress от ориентации

Износостойкость алмазных пленок ГФХО не зависит от ориентации:

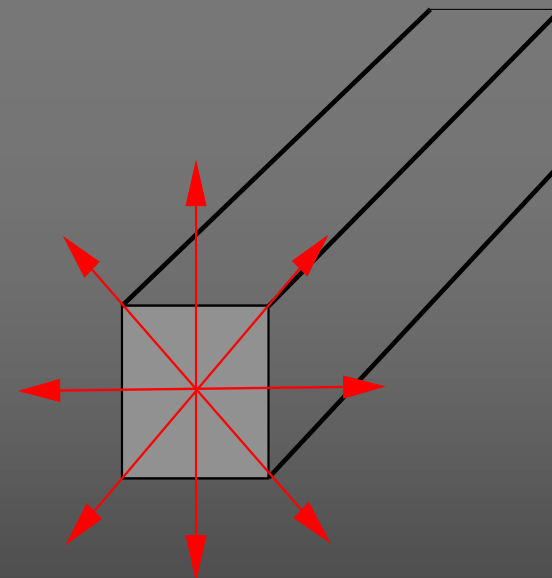
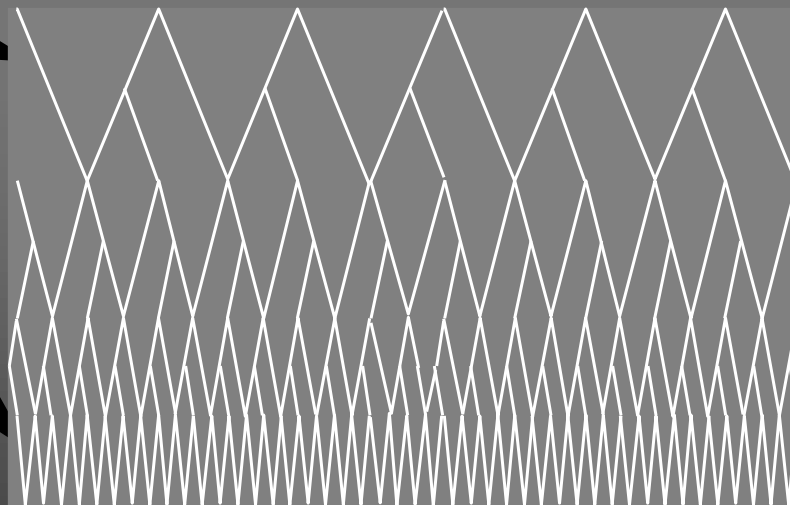
Абразивная способность при правке остается неизменной независимо от выбранной ориентации правильного инструмента

Поверхность роста

Крупнозернистая структура

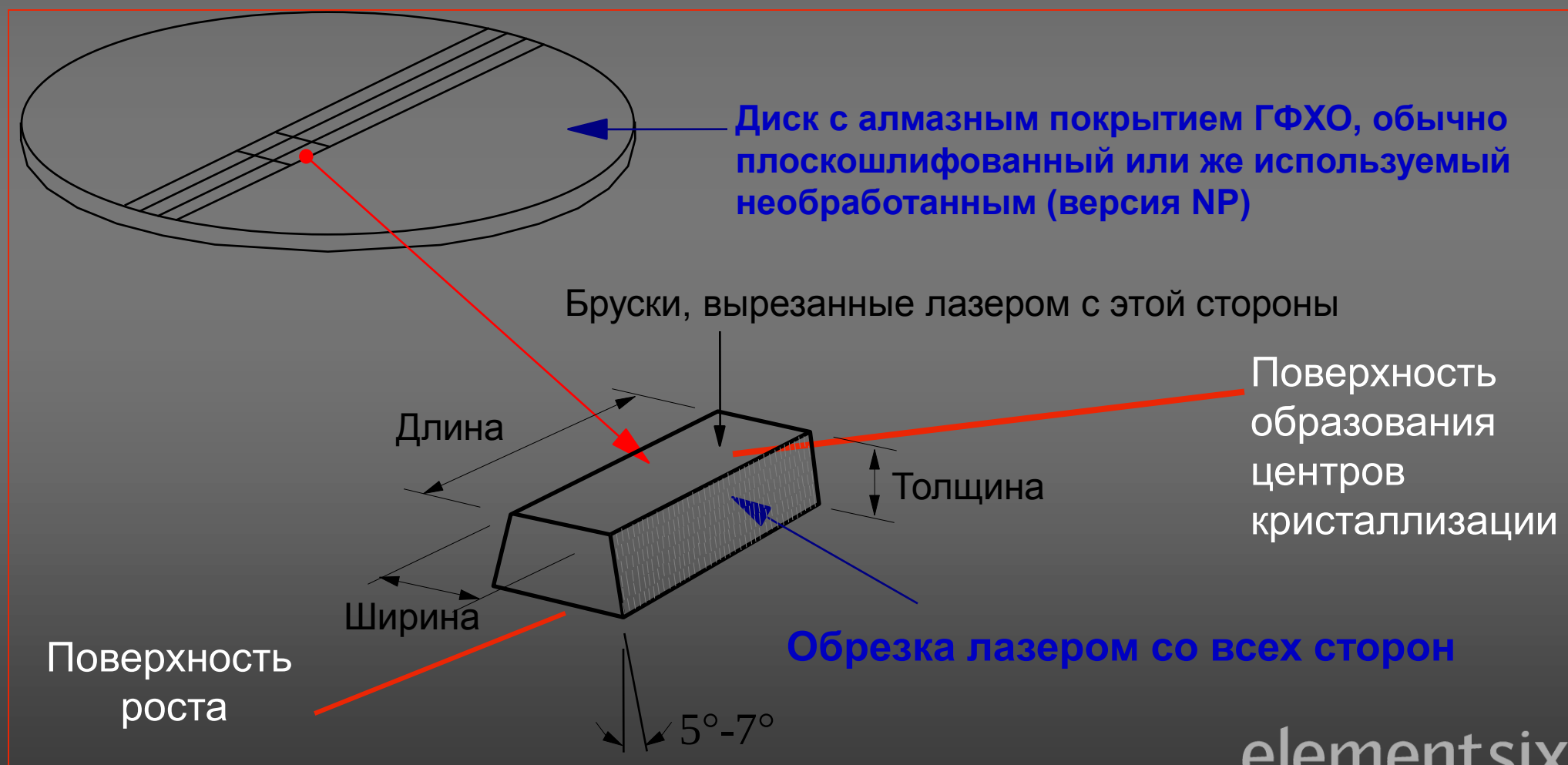
Поверхность образования центров кристаллизации

Мелкозернистая структура



Ориентационная чувствительность правильного инструмента CDD (1)

В качестве примера, рабочие бруски кристаллов CVDRESS вырезаются с помощью лазера из отдельных пластин алмазного покрытия ГФХО



CVDress



CVDress поставляются в виде прямоугольных брусков различной длины и различного поперечного сечения.

По отдельному заказу можно получить изделия на основе CVDress с нестандартными размерами.

CVDress марки CDD

- Для монокристалльных правильных инструментов и инструментов для правки режущих полотен



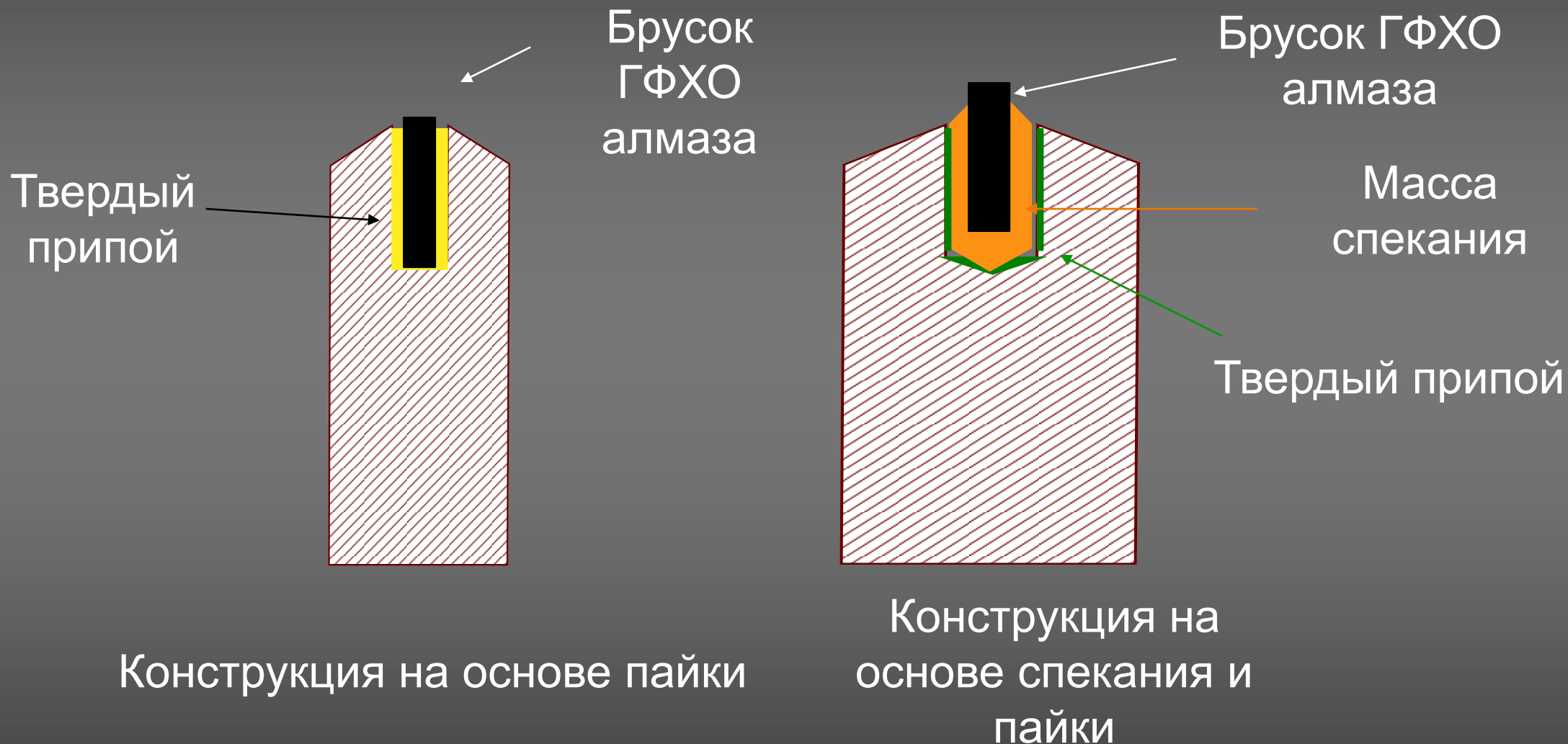
CVDress марки CDM

- Для вращающегося правильного инструмента



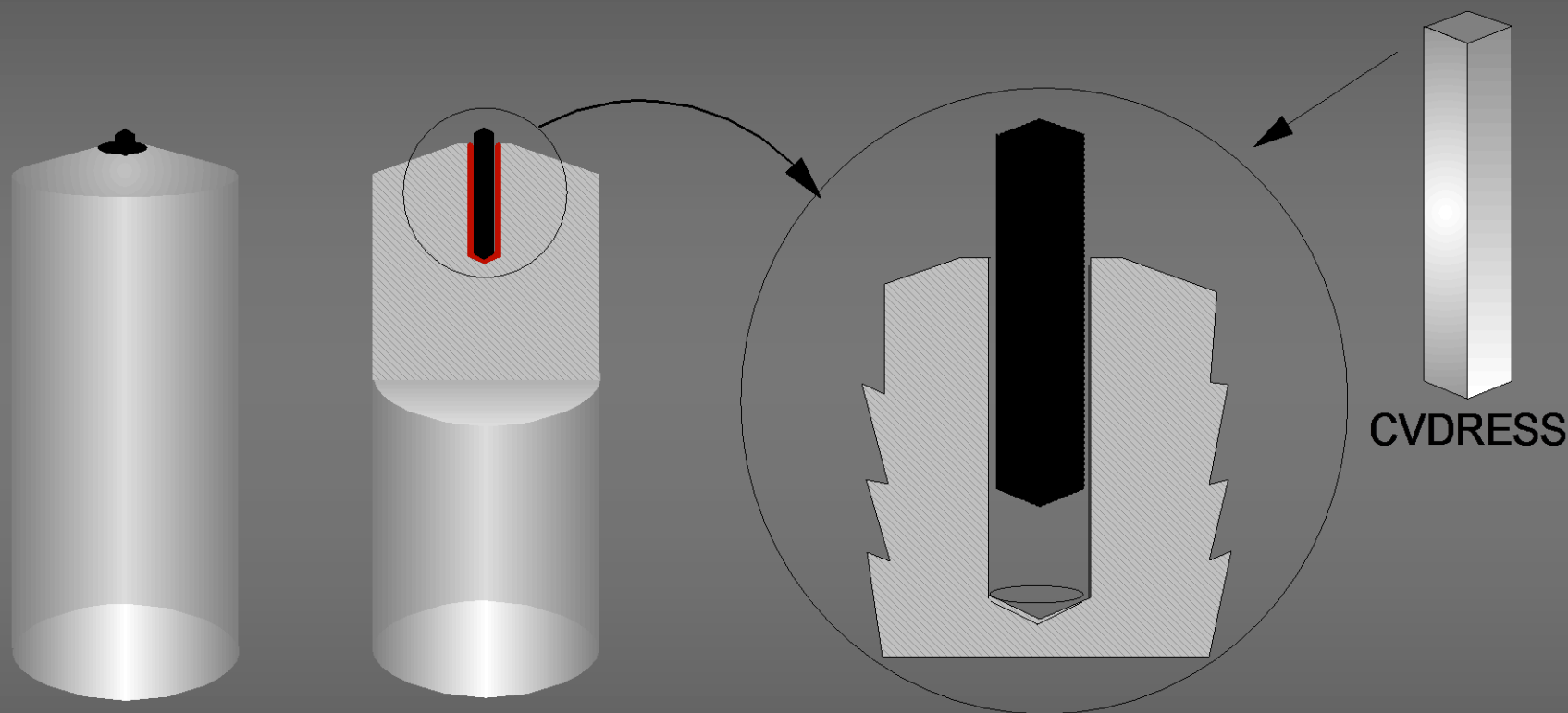
Изготовление правильного инструмента с использованием ГФХО

Изготовление правильного инструмента с использованием кристаллов CVDRESS



CVDress

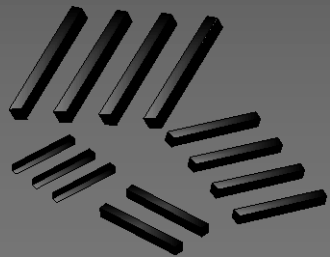
Монокристалльный правильный инструмент на основе пайки



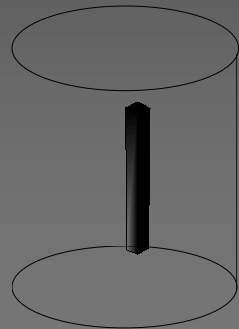
Размер отверстия в корпусе правильного инструмента на 0,1 мм превышает диагональ поперечного сечения бруска инструмента

CVDress

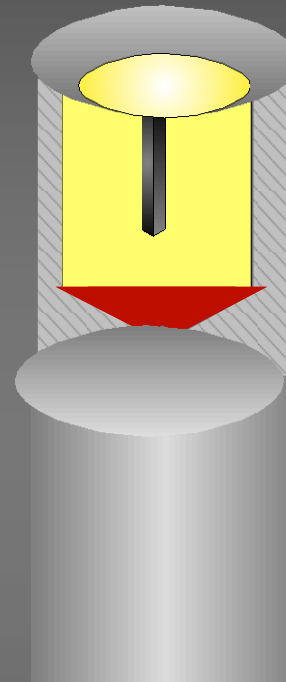
Монокристалльный правильный инструмент на основе спекания



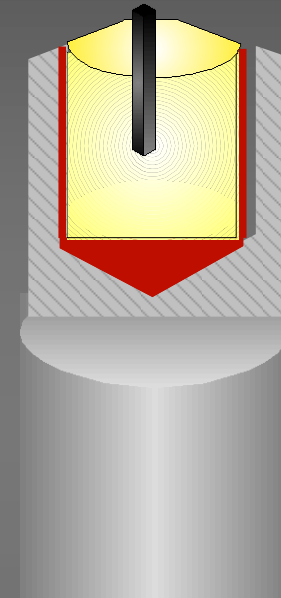
Широкий выбор
брусков с
различным
поперечным
сечением и
длиной



Установка рабочего бруска
правильного инструмента в
спекенную массу, которая
затем обтачивается до
заданного наружного
диаметра концентрично
относительно оси рабочего
бруска



Впаивание
спекенной массы в
корпус правильного
инструмента



Обработка корпуса правильного
инструмента и спекенной массы
для вывода наружу рабочего
бруска правильного инструмента

Порошки для спекания, используемые при изготовлении алмазного правильного инструмента

Изделие	Изготовитель	Температура спекания (°C)	Давление, кг/см
HO-5	Dr Fritsch KG Germany	600	200-300
DZ-6	Dr Fritsch KG Germany	920	300-350
MSP-110	Macro Div. of Kennametal	990-1050	100

Рабочие характеристики

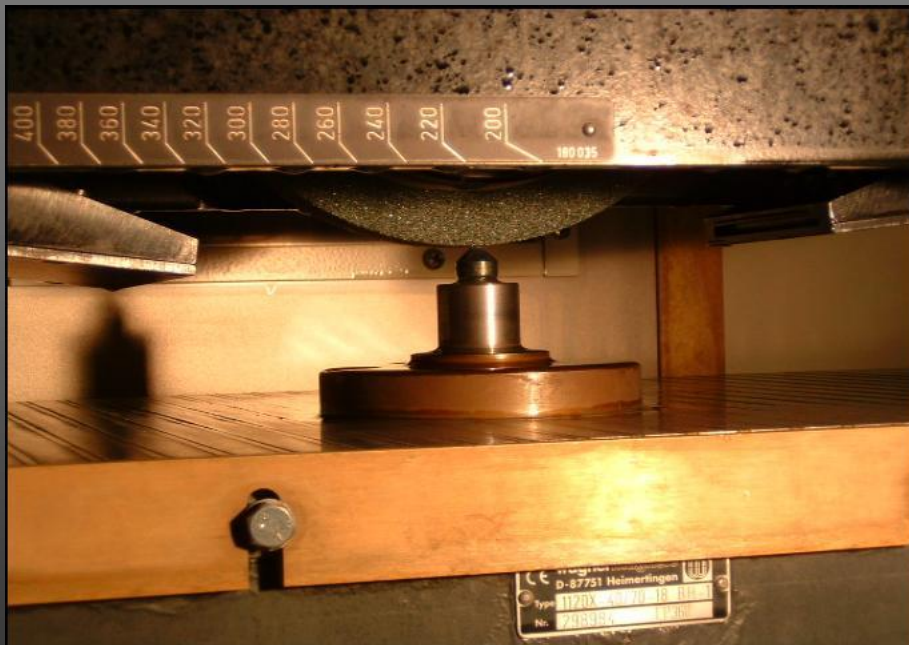
Основные рабочие показатели

- Характеристики рабочих брусков правильного инструмента, изготовленного из синтезированных (при высоком давлении и высокой температуре) монокристаллов (MDL) и ГФХО алмазов (CDL, CDM), могут быть рассмотрены в двух аспектах.
- Во-первых, анализ износостойкости материала, из которого изготовлен рабочий брусок правильного инструмента; более высокая износостойкость увеличивает срок службы инструмента (что обеспечивает повышение производительности и экономической эффективности для DTM и конечного пользователя)
- Во-вторых, анализ конструкции правильного инструмента и его параметров, которые влияют на рабочие показатели правленного шлифовального круга, в частности, на скорость съема материала, удельную энергию шлифования и на свойства обработанных деталей

Установка для испытаний правильного инструмента

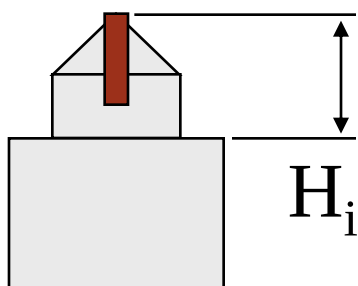
Все испытания проводились на станке BLOHM Profimat MT 408

- Двигатель, обеспечивающий мощность на валу 45 кВт
- Радиальные биения вала < 1,0 микрона
- Подача охлаждающей жидкости под давлением 3,2 бар с расходом 200 литров/мин и более (система очистки под высоким давлением 50 бар), плоский бумажный фильтр
- Устройство ЧПУ Siemens 810D
- Электронная балансировка круга



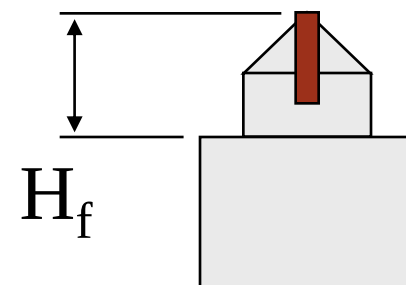
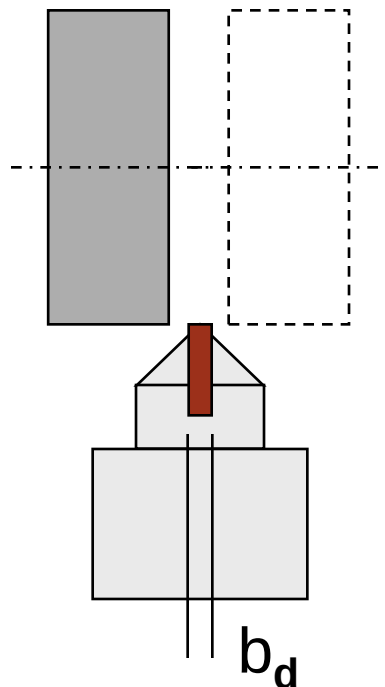


Принцип проведения испытаний правильного инструмента



В начале испытания: С помощью цифрового микрометра измерить выступание бруска правильного инструмента над опорной поверхностью; (+/- 3 мкм)

Испытание: удалить заданный объем материала с круга с постоянными величинами снимаемого слоя (мм/проход), скорости перемещения (мм/мин) и скорости резания при шлифовании (м/с)



В конце испытания: Снова измерить выступание бруска правильного инструмента над опорной поверхностью;

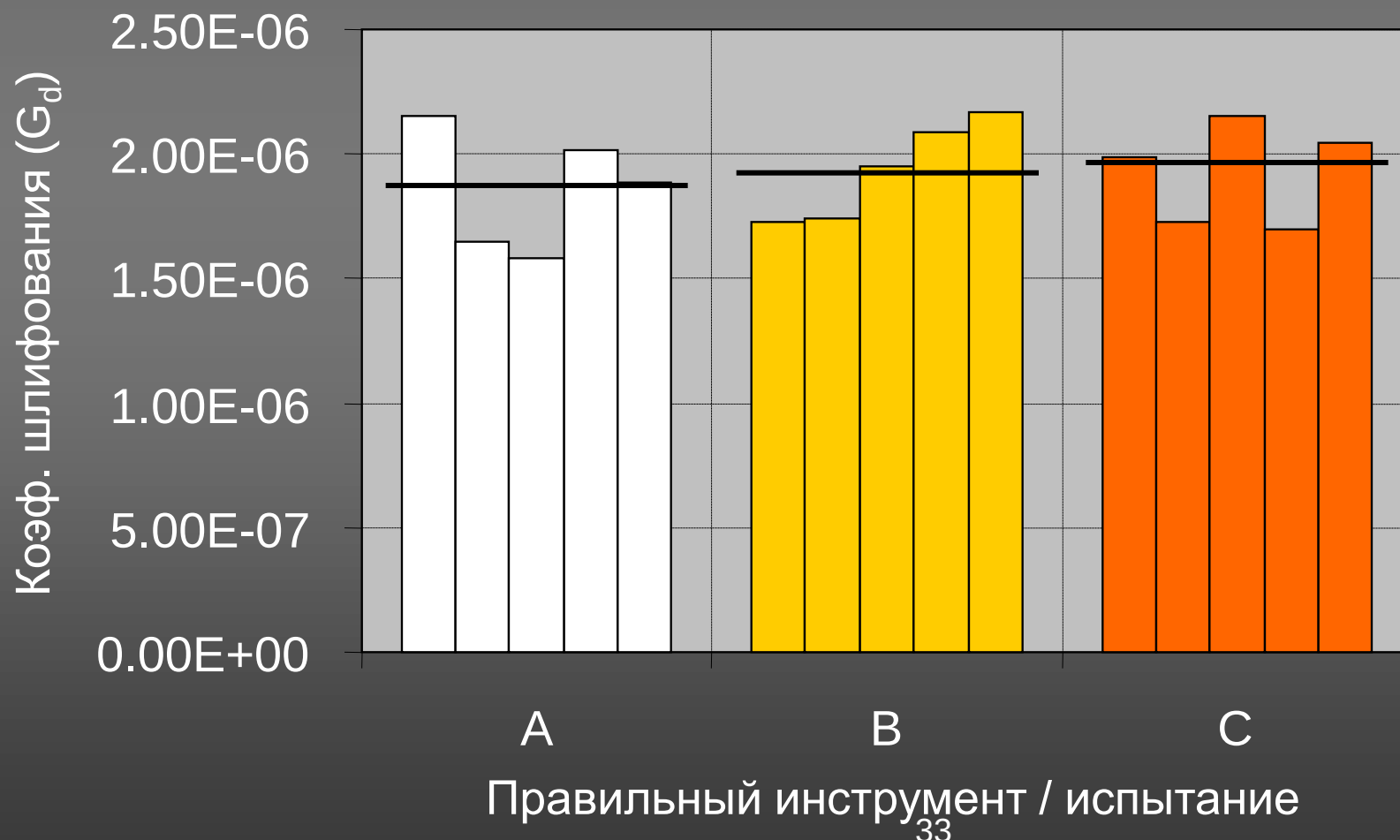
Степень истирания, $\Delta H = H_i - H_f$

Коэф. шлифования, $G_d = \frac{\Delta H \cdot b_d^2}{Q_{sd}}$

Q_{sd} = объем материала, удаляемого с круга

Воспроизводимость результатов испытаний правильного инструмента (CDD)

- Три разных правильных инструмента CDD 040606, испытанных пять раз
- Результаты испытаний отображает коэффициент шлифования: объем материала, удаленного с правильного инструмента / объем материала, удаленного с круга
- Хорошая воспроизводимость для разных инструментов и испытаний



GC-46-L-V

CDD 040606

$V_{sd} = 35$ м/с

$V_{af} = 100$ мм/мин

$a_{ed} = 12$ мкм/проход

$Q_{sd} = 114$ куб. см

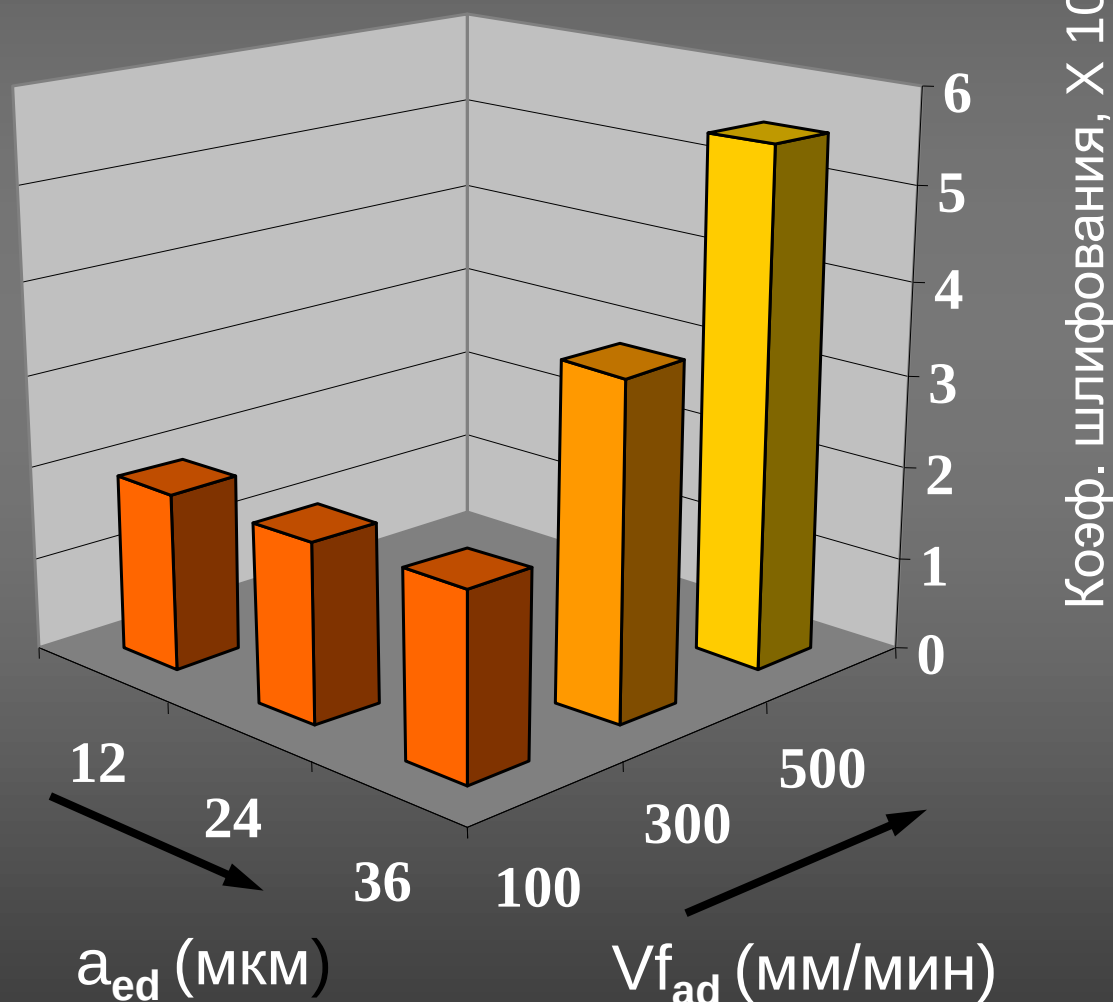
Факторы влияния параметра правки (2)

GC-46-L-V

CDD 040606

$V_{sd} = 35$ м/с

$Q_{sd} = 114$ куб. см

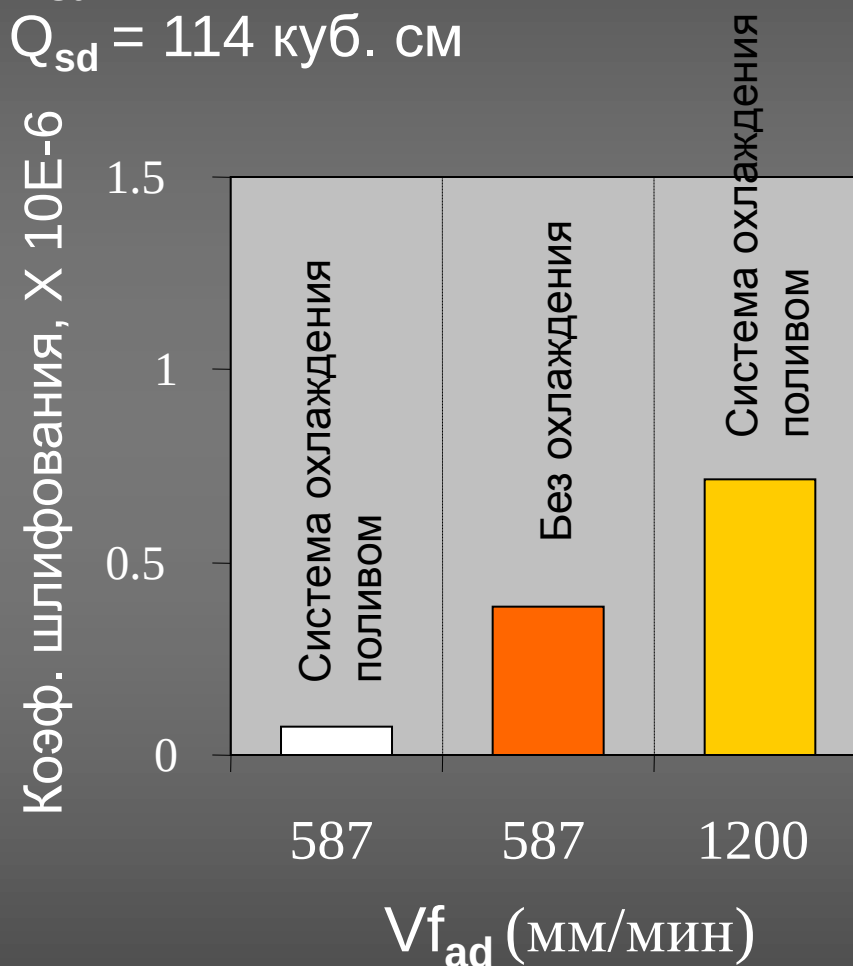


13A-60-L-V

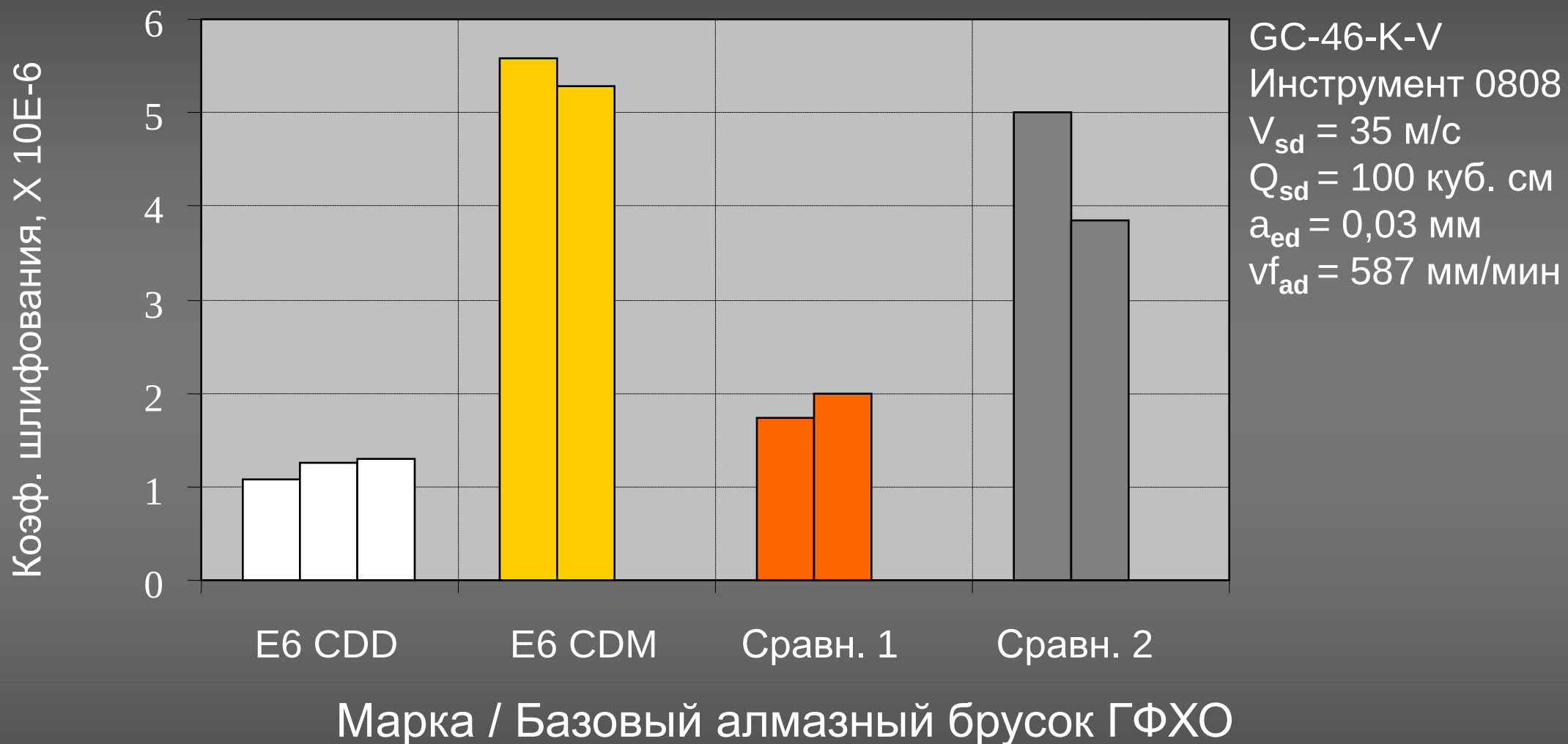
CDD 040606

$V_{sd} = 35$ м/с

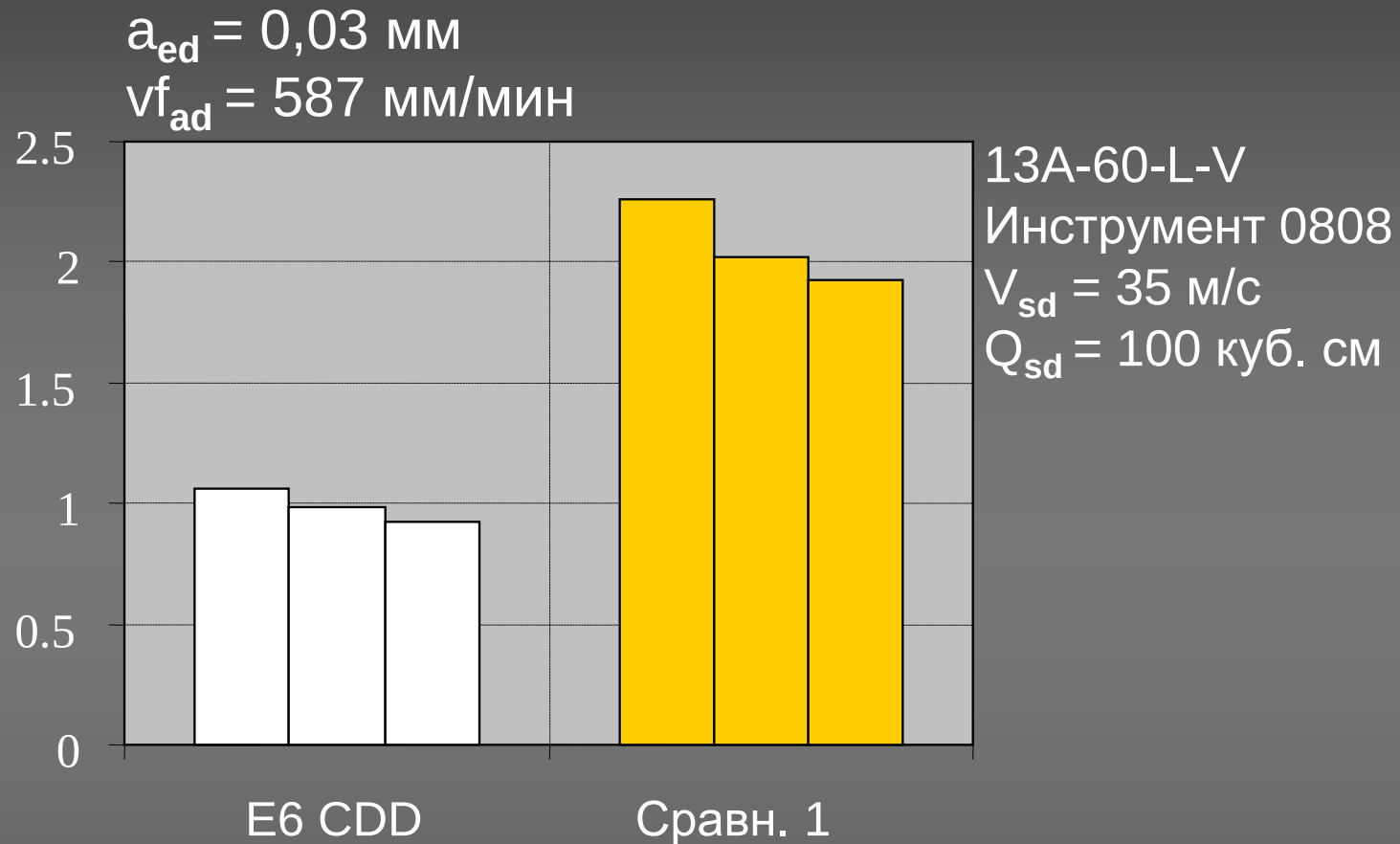
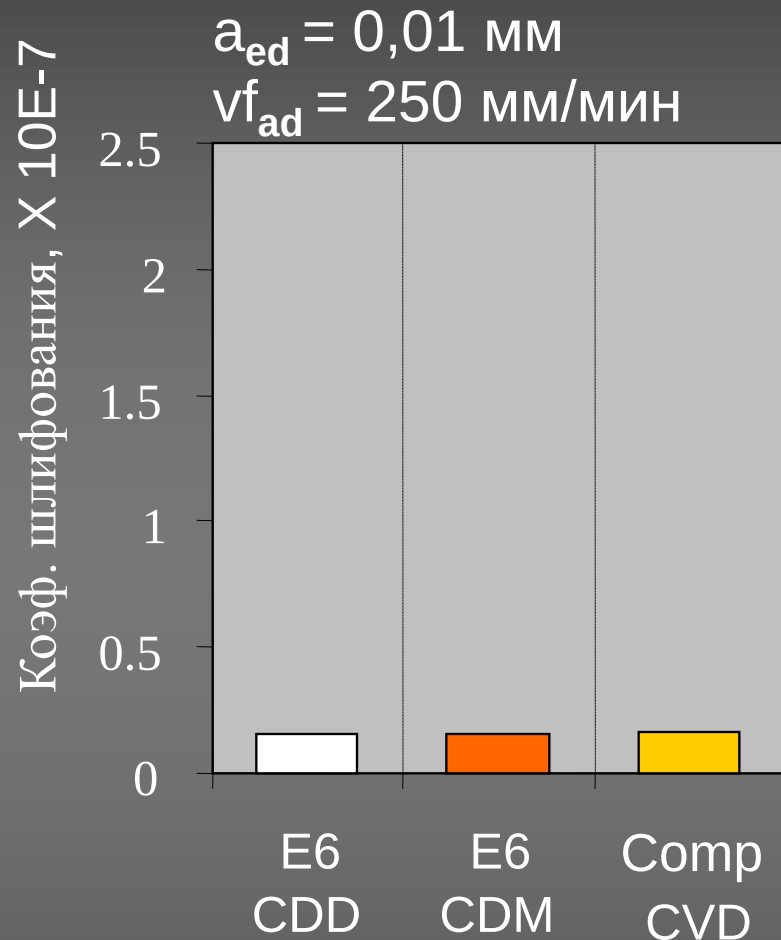
$Q_{sd} = 114$ куб. см



Марки правильного инструмента ГФХО: GC-46-K-V



Марки правильного инструмента ГФХО : 13A-60-L-V



Марка / Базовый алмазный брусок ГФХО



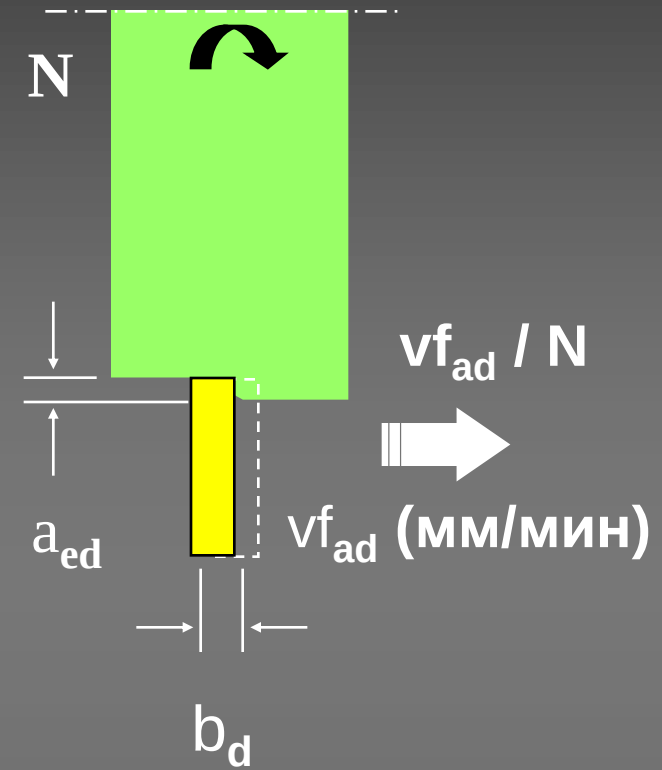
Большая погрешность измерений при менее жестких условиях

Замена монокристаллического правильного инструмента на инструменты с ГФХО алмазами

- Комплексные испытания правильного инструмента показали, что износостойкость у алмазов CDD приблизительно на 30% выше по сравнению с монокристаллами MDL (износ ниже приблизительно на 30%)
- В тех случаях, когда монокристаллы MDL или природные алмазы заменяются кристаллами CDD и требуются те же самые рабочие характеристики правильного инструмента, рекомендуется уменьшить площадь поперечного сечения инструмента.

Некоторые основные понятия

- Правка шлифовального круга характеризуется тремя механическими параметрами:
- Величина снимаемого слоя за проход, a_{ed} (мм)
 - Скорость резания при правке, v_{sd} (м/с)
 - Наружный диаметр круга, D (мм)
 - Скорость вращения, N (об/мин)
 - Скорость перемещения, vf_{ad} (мм/с)
- Скорость перемещения, которая вместе с шириной правильного инструмента b_d , определяет значение критического (безразмерного) параметра U_d .
- Критический параметр U_d представляет собой коэффициент “перекрытия”, который определяет эффективность процесса правки и качество последующей операции шлифования

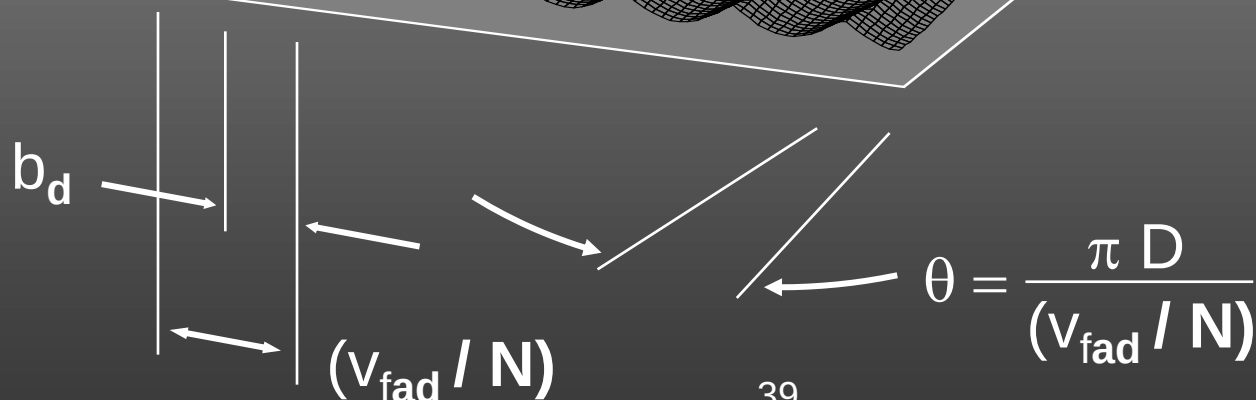
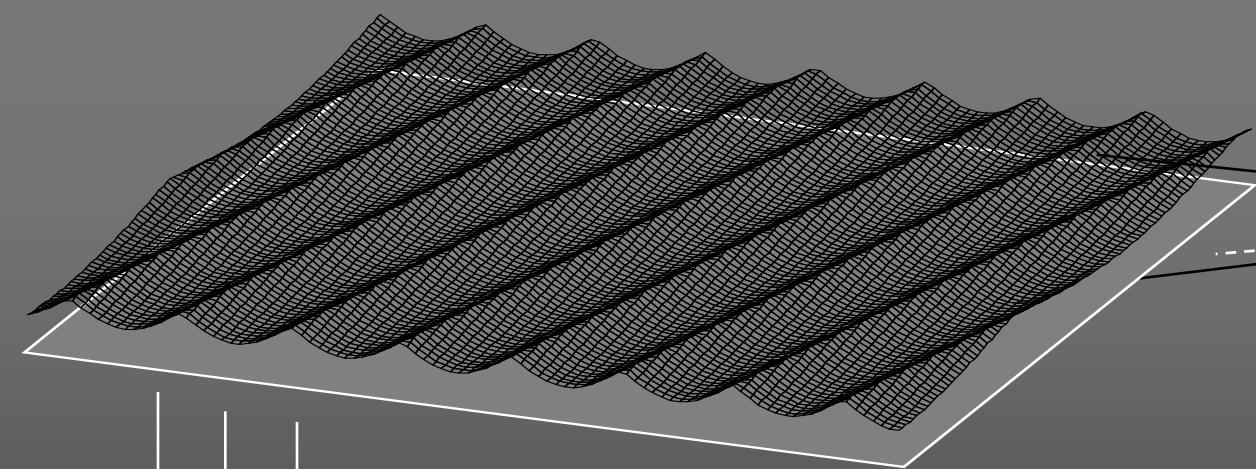


$$U_d = b_d / (vf_{ad} / N)$$

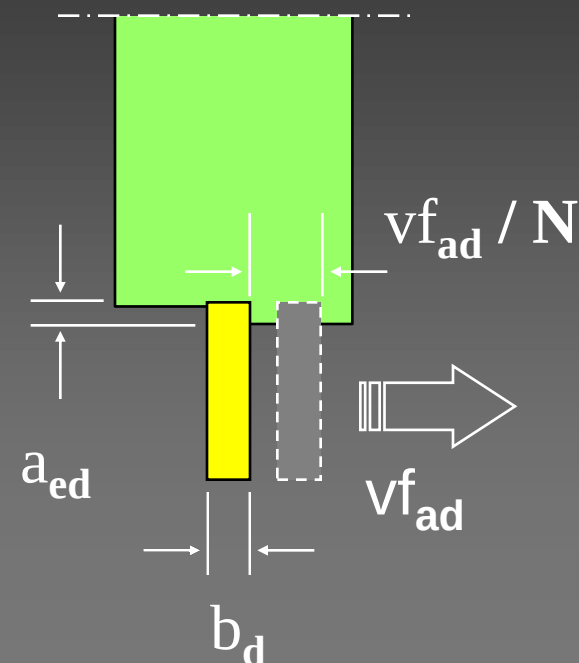
**...отношение ширины
правильного инструмента к
расстоянию, пройденному
инструментом за один
оборот круга**

Что практически означает параметр U_d ?

- Если U_d меньше единицы (< 1), то в результате обработки на поверхности круга образуется спиральная дорожка!
- В качестве примера на данном рисунке показана поверхность круга при $U_d = 0,5$

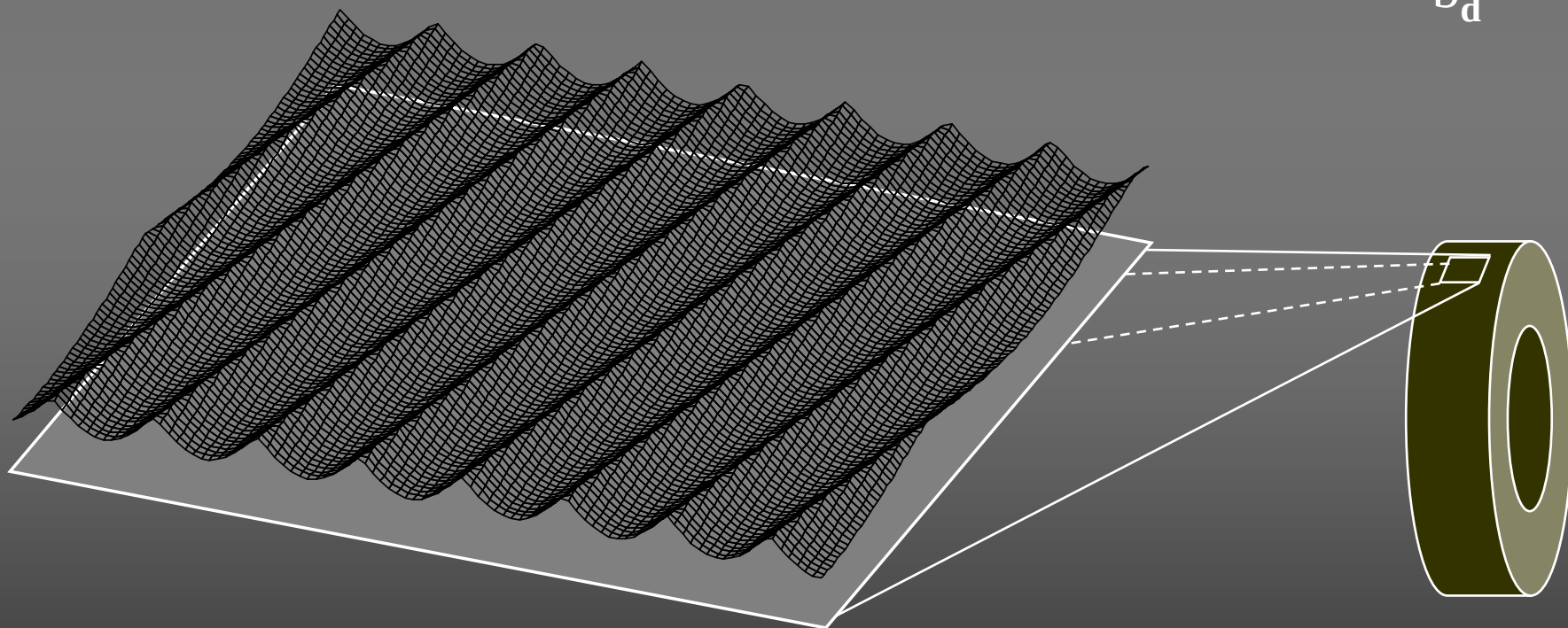
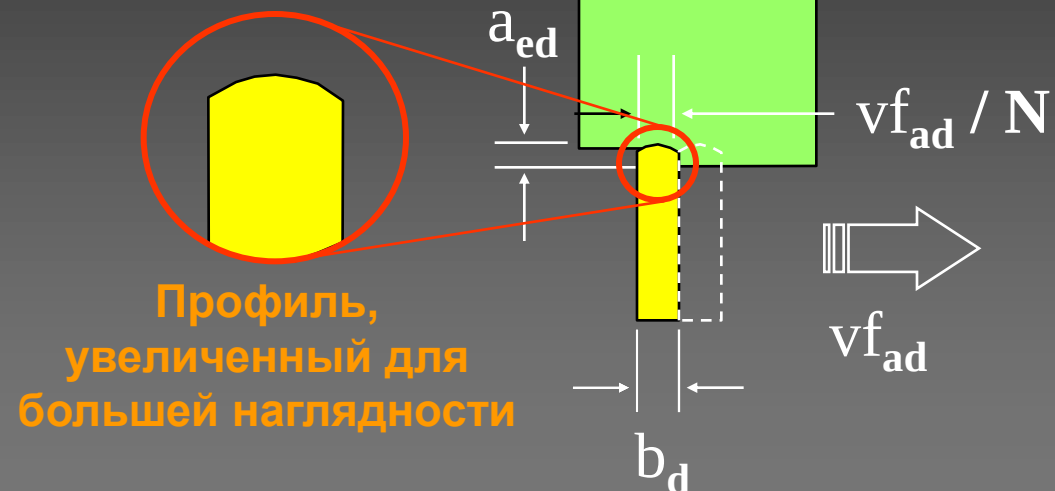


$$\theta = \frac{\pi D}{(v_{fad} / N)}$$



Что будет, если $U_d = 1$?

- Если параметр U_d равен единице ($= 1$), то при обработке невозможно получить плоскую поверхность круга
- Поэтому допускается, чтобы рабочая поверхность правильного инструмента была немного закруглена!

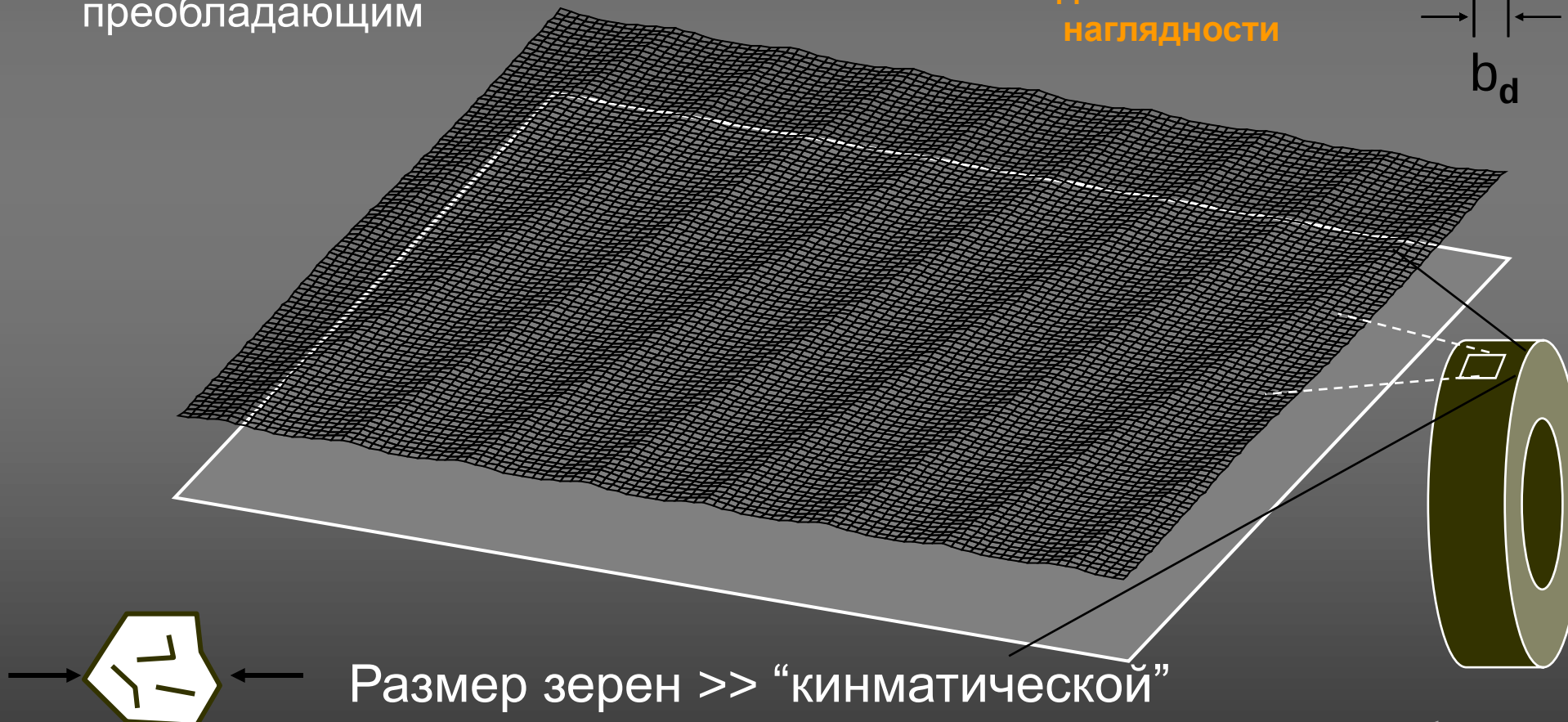
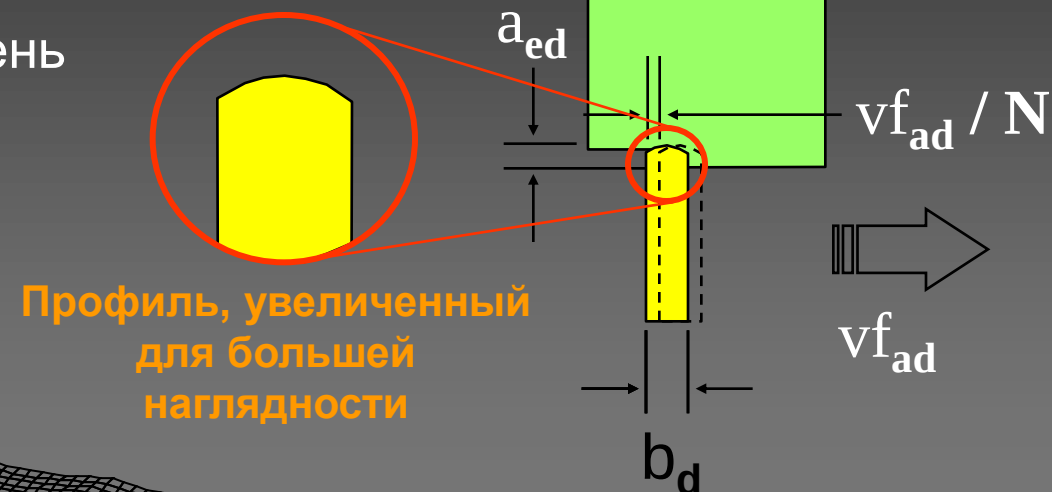


Влияние параметра U_d на шероховатость обрабатываемой поверхности

- Если параметр U_d слишком мал, шероховатость поверхности обрабатываемой детали *может* возрасти
 - Это проявляется слишком заметно в случае глубинного шлифования при малой скорости перемещения стола (100 – 500 мм/мин)
 - Может наблюдаться при маятниковом шлифовании (поверхностном шлифовании), когда используются высокие скорости перемещения стола (10000 - 20000 мм/мин)
- Обычно параметр U_d имеет значение 3 – 5
 - Оптимальное значение параметра зависит от требований к шероховатости поверхности обрабатываемой детали, размера зерен шлифовального круга и типа выполняемой операции шлифования

Что будет, если $U_d = 3 - 5$?

- Если параметр U_d равен 3 – 5, “кинематическая” шероховатость круга очень низка
- Влияние размера зерен (в шлифовальном круге) на шероховатость поверхности обрабатываемой детали становится преобладающим

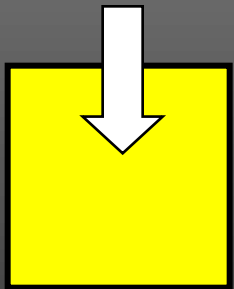


Размер зерен $\gg$ “кинематической” шероховатости

Замена монокристаллического правильного инструмента на инструменты с ГФХО алмазами

- Комплексные испытания правильного инструмента показали, что износостойкость у алмазов CDD приблизительно на 30% выше по сравнению с монокристаллами MDL (износ ниже приблизительно на 30%)
- В тех случаях, когда монокристаллы MDL заменяются кристаллами CDD и требуются те же самые рабочие характеристики правильного инструмента, рекомендуется уменьшить площадь поперечного сечения инструмента и, кроме того, правильно выбрать ориентацию кристалла!!

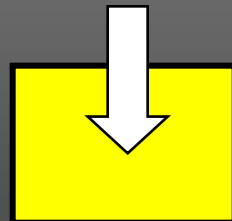
*Правка /
направление
скольжения*



MDL 0606
 $U_d = 3$



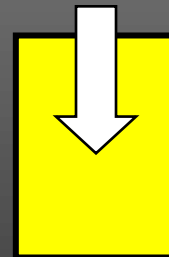
*Правка /
направление
скольжения*



CDD 0604
 $U_d = 3$



*Правка /
направление
скольжения*



CDD 0604
 $U_d = 2$



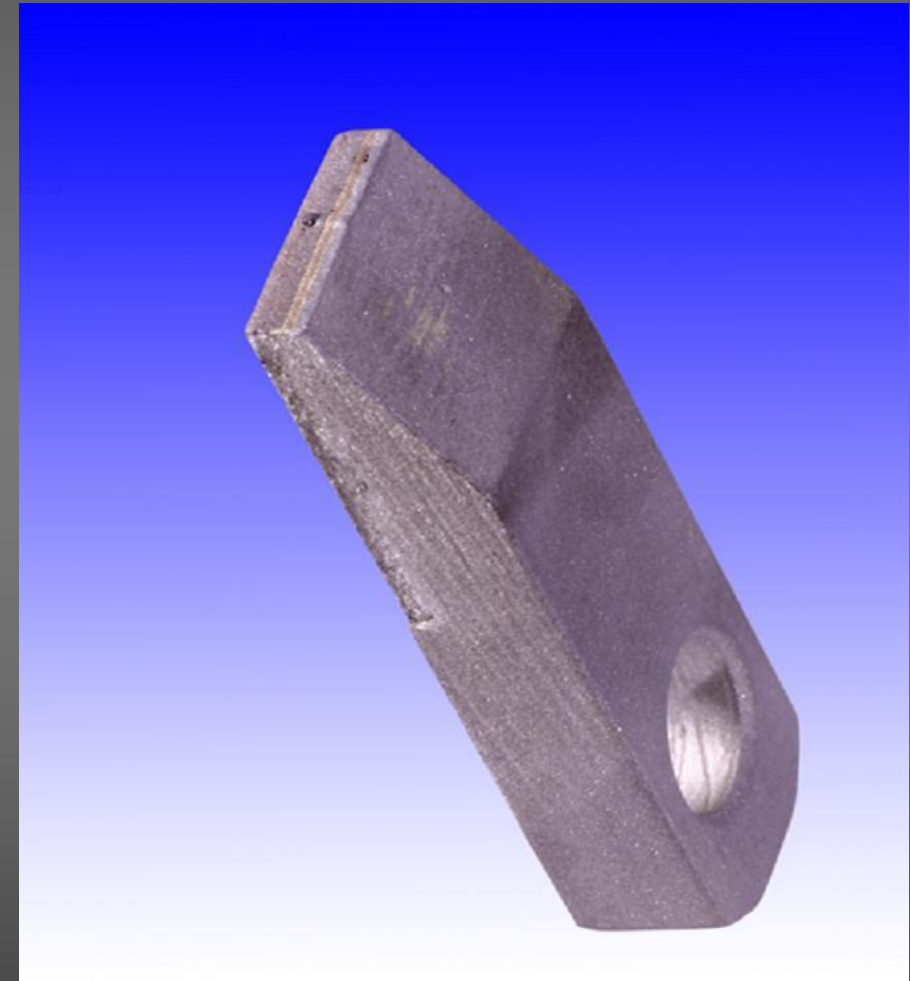
Пример применения: Роликовые подшипники

■ Шлифование цилиндрической поверхности подшипников большого размера

- Шлифовальный круг из сфероидального графита (SG) размером 80x15 мм: керамическое связующее, номер шлифовального зерна 80
- Цикл правки 1:1 - правка после обработки каждой детали
- Малый общий срок службы природных алмазов
- Для замены инструмента с однородным абразивом требуется 15 минут
- Замена 3 раза в сутки.

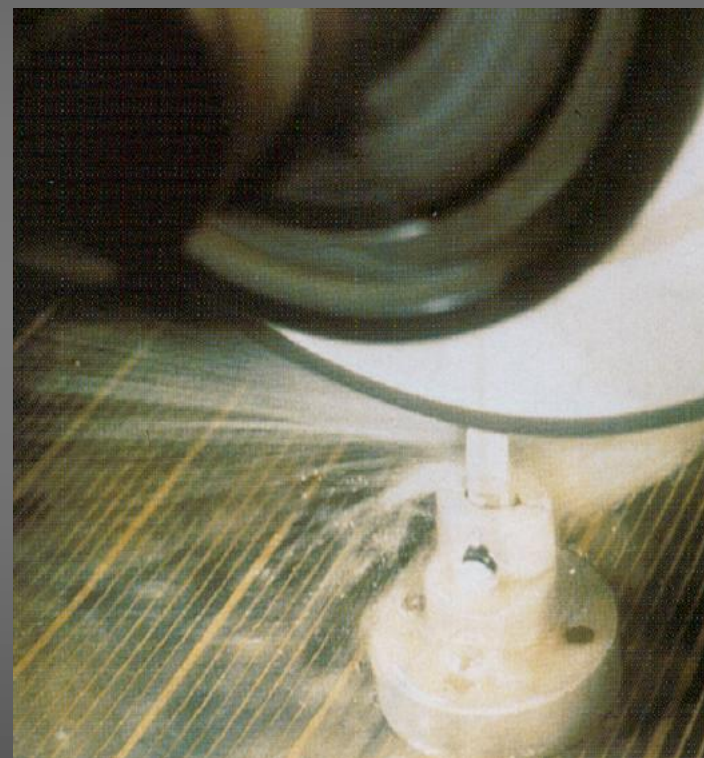
■ Применение правильного инструмента на основе ГФХО алмаза с поперечным сечением 0,6 мм

- Рабочий цикл правки 1:1
- Срок службы инструмента 4-6 недель



Пример применения: Шлифование армированного стеклопластика

- **Шлифование поверхности пластика, армированного стеклопластика**
 - Шлифовальный круг из оксида алюминия размером 80x15 мм: керамическое связующее, номер абразива 3036, твердость M
 - Регулируемый цикл правки
 - Правильный инструмент на основе монокристалла PCD
 - Малый срок службы инструмента и плохая воспроизводимость
- **Применение кристалла CVDRESS с поперечным сечением 0,7 мм**
 - Рабочий цикл правки 10:1
 - Согласованные результаты обработки



Пример применения:

Автомобильная промышленность

■ *Машина Landis, шлифование подшипников распределительного вала*

- Шлифовальный круг из специального электрокорунда EK80M5 с керамической связкой, размером 750x20 мм, со скоростью 45 м/с, охлаждение поливом.
- Нестабильные результаты при предварительном использовании природных алмазов
- Недостаточный срок службы инструмента (50 - 4000 операций)
- Рабочий цикл правки 1-5:1

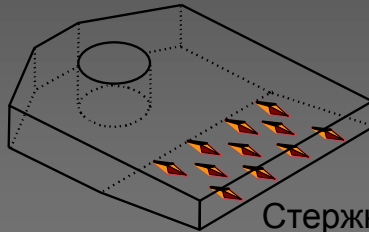
■ *Заменен на 4-элементный правильный инструмент с режущими кромками на основе ГФХО алмазов*

- Срок службы инструмента увеличился до 3500 операций
- Рабочий цикл правки 20:1

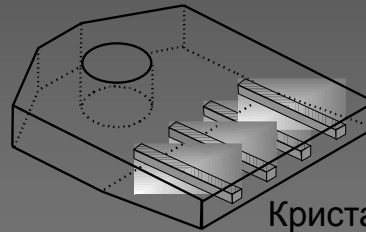


Режущий правильный инструмент

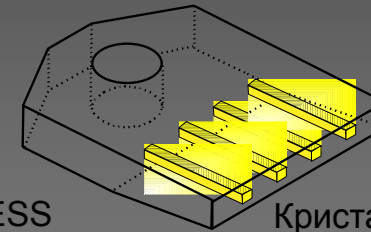
Преимущества кристаллов CVDRESS



Стержни из
природного алмаза



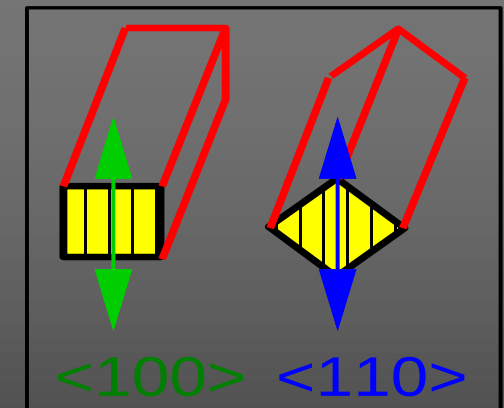
Кристалл CVDRESS



Кристалл MONODRESS

Алмаз	Природные и обработанные стержни	Кристалл CVDRESS
Форма	Разные форма и зона износа для разных камней	Одинаковые форма и зона износа для всех алмазных брусков
Ориентация	Не определяется	Не важна в случае кристаллов CVDRESS
Качество	Меняется от кристалла к кристаллу	Близкое у разных брусков

Выбор ориентации



Преимущества кристаллов CVDress

- Высокая стойкость по отношению к абразивному истиранию
- Высокая стойкость к скалыванию и трещинообразованию
- Независимость рабочих характеристик от ориентации
- Прекрасная термоустойчивость
- Равномерность износа по всей длине правильного инструмента
- Возможность применения длинных и профилированных брусков
- Возможность поставки в больших количествах со склада
- Возможность применения двух разновидностей кристаллов для разных приложений

***Кристаллы CVDRESS CDD – для монокристалльного
правильного инструмента***

***Кристаллы CVDITE CDM – для поворотного и
режущего правильного инструмента***

Перечень имеющихся ГФХО алмазов

- Следующие изделия из ГФХО алмазов могут быть поставлены для технического применения:
- **CVRESS CDD** (для правильного инструмента)
 - **CVDITE CDM** (материал для режущего и правильного инструмента, допускающий механическую шлифовку)
 - **CVDITE CDE** (материал для режущего инструмента, допускающий электроэрозионную обработку (EDM))

**Спасибо за
внимание**