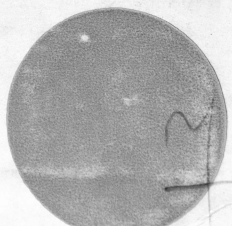


+

**Алмазное  
хонингование**



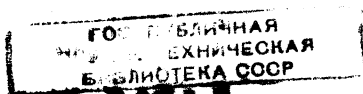
**ГОСПЛАН УССР**

**Украинский ордена Трудового Красного Знамени  
научно-исследовательский  
конструкторско-технологический институт  
синтетических сверхтвердых материалов и инструмента**

**В. Н. БАКУЛЬ,  
А. А. САГАРДА,  
И. Х. ЧЕПОВЕЦКИЙ.**

# **АЛМАЗНОЕ ХОНИНГОВАНИЕ**

**Издательство «ТЕХНІКА»  
Киев — 1966**



В брошюре обобщен опыт внедрения на автомобильных и авторемонтных заводах процесса хонингования брусками из синтетических алмазов. Рассматриваются технологические особенности алмазного хонингования, даются необходимые рекомендации по выбору станков и режимов обработки. Особенное внимание уделяется вопросу эффективности алмазного хонингования. Брошюра предназначена для инженерно-технических работников машиностроительных и инструментальных заводов.

Рецензент

канд. техн. наук *И. П. Захаренко*

Редакция литературы по вопросам  
машиностроения и транспорта

Заведующий редакцией  
инж. *М. А. Василенко*

КИЕВСКАЯ ФАБРИКА НАБОРА

3-12-4  
452-66

---

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В последние годы идет напряженный поиск новых и совершенствование применяемых на машиностроительных предприятиях чистовых методов обработки, которые удовлетворяли бы возросшим требованиям к точности и чистоте деталей массового производства.

Одним из таких методов является алмазное хонингование, получившее за короткий срок широкое распространение не только на заводах, изготавливающих автомобили, но и на ремонтных предприятиях, занятых восстановлением автомобильных деталей. Бóльшая стойкость брусков из синтетических алмазов по сравнению с обычными абразивными позволяет автоматизировать процесс хонингования и контроль размеров, повысить стабильность и производительность процесса окончательной обработки высокоточных деталей.

Обобщение накопленного опыта алмазного хонингования во многом может помочь правильно организовать и развить этот перспективный метод окончательной обработки деталей.

Замена карбида кремния или электрокорунда зернами синтетических алмазов прин-

ципиально не изменяет физических основ резания при хонинговании; поэтому выводы, полученные для обычных абразивных брусков, не теряют теоретической и практической ценности и заслуживают тщательного анализа наряду с данными по алмазному хонингованию.

Замечания и пожелания просим направлять по адресу: *Киев, 4, Пушкинская, 28, издательство «Техника».*

---

---

## ТЕХНОЛОГИЯ АЛМАЗНОГО ХОНИНГОВАНИЯ

Высокая стойкость брусков из синтетических алмазов создает возможность широкой автоматизации процессов хонингования в условиях серийного и массового производства с обеспечением точности обрабатываемых отверстий 1—2 класса и чистоты поверхности  $\nabla 9$ — $\nabla 12$ .

Опыт работы Института сверхтвердых материалов показал, что бруски из синтетических алмазов на связке М1 могут эффективно применяться при обработке всех деталей из серых и легированных чугунов твердостью менее *НВ* 250. К таким деталям относятся блоки цилиндров, гильзы, втулки, колесные и тормозные цилиндры и другие детали автомобильных, тракторных и мотоциклетных двигателей, цилиндры компрессоров, втулки судовых дизелей, цилиндры гидро- и пневмосистем, втулки глубинных насосов и т. д.

Для обработки закаленных чугунов и сталей институтом разработаны новые металло-силикатные связки МС.

На основании выполненных работ проведена нормализация наиболее часто применяемых

брусков из синтетических алмазов (рис. 1 и табл. 1).

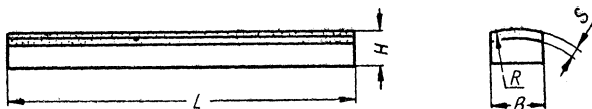


Рис. 1. Алмазный хонинговальный брусок.

Бруски изготавливаются в пресс-формах методом горячего прессования и спекания в водородной среде или вакууме. Температура спекания брусков на связке М1 (80% Си и 20% Sn) 750° С, выдержка 20—25 мин.

Таблица 1

Размеры алмазных хонинговальных брусков, мм

| $L$ | $B$ | $H$ | $S$ | $R$                     | Вес алмазов в каратах при 100%-ной концентрации |
|-----|-----|-----|-----|-------------------------|-------------------------------------------------|
| 100 | 8   | 3,5 | 1,5 | По требованию заказчика | 5,2                                             |
| 125 | 8   | 3,5 |     |                         | 6,6                                             |
| 125 | 12  | 4,0 |     |                         | 9,8                                             |
| 150 | 16  | 4,0 |     |                         | 15,8                                            |

Примечание. Пример условного обозначения алмазного бруска с размерами:  $L = 100$  мм;  $B = 8$  мм;  $H = 3,5$  мм;  $S = 1,5$  мм;  $R = 50$  мм, зернистостью АСП6 на металлической связке М1 при 100%-ной концентрации и содержании алмазов в 5,2 карата: АБХ100×8×3,5×1,5×R50—АСП6—М1—100—5,2.

Разница толщин брусков в комплекте не должна превышать 0,1 мм, а непараллельность сторон, вогнутость или выпуклость бруска — 0,2 мм. Раковины, трещины и сколы на рабо-

чей поверхности брусков не допускаются. Твердость связки М1 должна быть в пределах *HRB* 90—100.

Алмазные бруски припаиваются к стальным колодкам оловом или оловянным припоем. Вместо пайки можно рекомендовать склеивание брусков с колодками эпоксидным клеем следующего состава (в весовых частях):

|                                                 |     |
|-------------------------------------------------|-----|
| Смола ЭД-6 . . . . .                            | 100 |
| Пластификатор-дибутилфталат . . . . .           | 15  |
| Наполнитель (мелкий стальной порошок) . . . . . | 40  |
| Отвердитель (полиэтиленполиамин) . . . . .      | 10  |

Эпоксидная смола нагревается до температуры 70—80° С, при перемешивании в нее добавляется дибутилфталат и затем вводится наполнитель — стальной порошок. Приготовленный таким образом компаунд тщательно перемешивается в течение 20—30 мин. Компаунд, не содержащий отвердителя, может храниться в закрытом сосуде продолжительное время. Для приклеивания одного комплекта алмазных брусков (шесть штук) достаточно 10 г компаунда и 1 см<sup>3</sup> отвердителя.

Перед склеиванием поверхности брусков и колодок тщательно зачищаются наждачной шкуркой и обезжириваются ацетоном. Когда склеиваемые поверхности подготовлены, вводят в компаунд отвердитель и тщательно перемешивают стеклянной палочкой. Клей наносится тонким слоем и подсушивается до отлипания (1—2 мин).

Бруски накладываются на колодки и плотно прижимаются струбцинами или специально



изготовленными для этой цели зажимами. Наибольшая прочность склеивания получается при толщине пленки клея 0,03—0,08 мм. Давление 0,5—5 кг/см<sup>2</sup> обеспечивает получение пленки указанной толщины. Склеивание протекает при температуре 18—20°С в течение 24 ч. При температуре ниже 14—16°С склеивание не допускается.

Особенно ценным свойством клеев на основе полимеров является их высокая адгезия к металлам. В частности, клей на основе эпоксидных смол обладает повышенной прочностью на растяжение при склеивании металлов (до 300—400 кг/см<sup>2</sup>).

Стальные колодки под алмазные бруски изготавливаются с таким расчетом, чтобы их высота в сборе равнялась высоте ранее применявшихся колодок с обычными брусками (рис. 2). Отклонение высоты ( $H$ ) для одного комплекта допускается не более 0,01 мм. Колодки имеют буртики, которые облегчают процесс напайки или наклейки и предохраняют бруски от поломок и смещений в процессе работы.

Перед установкой на рабочее место хонинговальные головки в сборе с алмазными брусками прирабатываются на бракованных деталях. Для ускорения процесса приработки применяются абразивный порошок (КЗ, КЧ или ЭБ), замешанный с солидолом или любой другой консистентной смазкой. Порошок наносится на внутреннюю поверхность обрабатываемой детали. Зернистость порошка должна быть на 1—2 номера выше зернистости прирабатываемых брусков. Приработка производится без

смазочно-охлаждающей жидкости. Давление на бруски в процессе приработки должно быть в пределах  $2\text{--}3 \text{ кг/см}^2$ .

Бруски считаются приработанными, когда площадь контакта их с обрабатываемой поверхностью достигает  $60\text{--}70\%$  общей площади брусков.

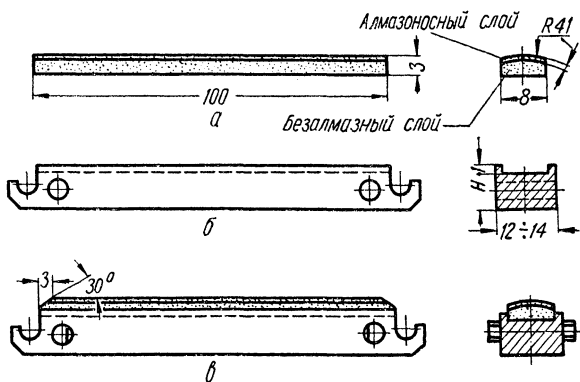


Рис. 2. Алмазный брусок в сборе с колодкой.

После указанной подготовки хонинговальная головка ставится на рабочее место.

Хонингование брусками из синтетических алмазов производится на тех же станках и приспособлениях, что и обычными абразивными. В табл. 2 приведены характеристики некоторых хонинговальных станков отечественного производства.

Высокопроизводительный вертикально-хонинговальный станок ОФ-20 предназначен для хонингования отверстий чугунных и стальных

## Характеристики некоторых хонинговальных станков, выпускаемых в СССР

| Основные параметры                                                       | Модели станков  |             |                     |             |             |            |             |                    |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------------|-------------|---------------------|-------------|-------------|------------|-------------|--------------------|
|                                                                          | ОФ-26<br>ОФ-26А | ОФ-28       | ОФ-20               | ОФ-50       | СС-67       | ОС-66      | ОФ-38А      | ОФ-38              |
| Наименьший и наибольший диаметры обрабатываемого отверстия, мм . . . . . | До 30           | 17          | 50                  | 50          | 30—<br>80   | 64—<br>200 | 80          | 20—<br>60          |
| Наибольшая длина обрабатываемого отверстия, мм . . . . .                 | До 100          | —           | 250                 | 220         | 15—<br>450  | 1600       | 320         | До 180             |
| Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту . . . . .                       | 160—<br>630     | 160—<br>360 | 310;<br>500;<br>700 | 200—<br>800 | 185—<br>490 | 75—<br>400 | 200—<br>800 | 210—<br>8—<br>1180 |
| Скорость возвратно-поступательного движения, м/мин . . . . .             | До 12           | До 12       | До 12               | До 12       | До 17       | До 15      | До 12       | До 20              |
| Величина осциллирующего движения, мм . . . . .                           | —               | —           | 0—4                 | —           | —           | —          | —           | 0—8                |
| Число двойных ходов осциллирования в минуту . . . . .                    | —               | —           | 270                 | —           | —           | —          | —           | 270                |

Продолжение табл. 2

| Основные параметры                                                       | Модели станков |                     |             |              |                     |              |              |            |
|--------------------------------------------------------------------------|----------------|---------------------|-------------|--------------|---------------------|--------------|--------------|------------|
|                                                                          | СС-27Б         | 383                 | 3А83        | 3Б833        | 3833М               | 3А84         | МГ-8         | 382        |
| Наименьший и наибольший диаметры обрабатываемого отверстия, мм . . . . . | 125            | 85—<br>160          | 80—<br>160  | 67,5—<br>165 | 200                 | 67,5—<br>165 | 67,5—<br>165 | 80         |
| Наибольшая длина обрабатываемого отверстия, мм . . . . .                 | 310            | 400                 | 400         | —            | 450                 | —            | —            | 450        |
| Пределы чисел оборотов шпинделя в минуту . . . . .                       | 120—<br>273    | 114;<br>180;<br>184 | 130—<br>352 | 115;<br>400  | 155;<br>210;<br>320 | 75—<br>400   | 123—<br>260  | 60—<br>330 |
| Скорость возвратно-поступательного движения, м/мин . . . . .             | До 21          | До 22               | До 20       | 8,1—<br>15,5 | 11                  | 0—15         | 9            | 8,5—<br>16 |
| Величина осциллирующего движения, мм . . . . .                           | —              | —                   | —           | —            | —                   | —            | —            | —          |
| Число двойных ходов осциллирования в минуту . . . . .                    | —              | —                   | —           | —            | —                   | —            | —            | —          |

| Основные параметры                                            | Модели станков          |                         |                        |                          |                          |                          |                          |                         |
|---------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
|                                                               | ОФ-26<br>ОФ-26А         | ОФ-28                   | ОФ-20                  | ОФ-50                    | СС-67                    | ОС-66                    | ОФ-38А                   | ОФ-38                   |
| Способ крепления инструмента (хона) или конус Морзе . . . . . | Конус Морзе № 3         | —                       | —                      | —                        | —                        | —                        | —                        | Байонетное              |
| Размеры рабочей площади стола, мм . . . . .                   | —                       | —                       | 290×<br>×310           | 425×<br>×480             | 750×<br>×450             | 750×<br>×750             | 425×<br>×480             | 320×<br>×360            |
| Наибольший ход импульсной головки, мм . . . . .               | 350                     | 350                     | 250                    | 200                      | 300                      | 1750                     | 320                      | 350                     |
| Мощность (суммарная), квт . .                                 | 4,5                     | 4,75                    | 2,7                    | 3,64                     | 7,425                    | 12,1                     | 2,94                     | 4,5                     |
| Габариты станка, мм . . . . .                                 | 1180×<br>×770×<br>×2190 | 1260×<br>×900×<br>×2225 | 885×<br>×775×<br>×1900 | 1370×<br>×1120×<br>×2880 | 2265×<br>×1260×<br>×2225 | 2265×<br>×1260×<br>×2225 | 1120×<br>×1350×<br>×2332 | 1920×<br>×905×<br>×2332 |
| Цена станка, руб. . . . .                                     | 1900                    | 7830                    | —                      | 5000                     | 4000                     | 8400                     | 5000                     | —                       |

| Основные параметры                                            | Модели станков           |                          |                          |                          |                          |                          |                          |                          |
|---------------------------------------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
|                                                               | СС-27Б                   | 383                      | 3А83                     | 3Б833                    | 3833М                    | 3А84                     | МГ-8                     | 382                      |
| Способ крепления инструмента (хона) или конус Морзе . . . . . | —                        | —                        | —                        | —                        | —                        | —                        | —                        | —                        |
| Размеры рабочей площади стола, мм . . . . .                   | —                        | 750×<br>×480             | 750×<br>×480             | 460×<br>×1000            | —                        | 750×<br>×750             | —                        | 750×<br>×480             |
| Наибольший ход импульсной головки, мм . . . . .               | 485                      | 60—<br>425               | 450                      | 450                      | 500                      | 1200                     | 500                      | 4,5                      |
| Мощность (суммарная), квт . .                                 | 36,85                    | 14,6                     | 17,15                    | 2,8                      | 2,8                      | 7,0                      | 2,95                     | 4,5                      |
| Габариты станка, мм . . . . .                                 | 1920×<br>×1700×<br>×4190 | 1570×<br>×1250×<br>×3050 | 1660×<br>×1375×<br>×3720 | 1380×<br>×1120×<br>×2475 | 1400×<br>×1700×<br>×2325 | 2265×<br>×1260×<br>×2870 | 1095×<br>×1170×<br>×1635 | 1810×<br>×1120×<br>×3615 |
| Цена станка, руб . . . . .                                    | 9800                     | 2128                     | 4375                     | 1770                     | 2160                     | 4200                     | 4620                     | 5700                     |

деталей в условиях массового и крупносерийного производства.

На станке имеется устройство для настройки времени хонингования, с помощью которого автоматизируется цикл обработки. Возвратно-поступательное движение инструмента и разжим брусом осуществляются от гидропривода.

Вертикально-хонинговальные станки ОФ-50 и ОФ-38А также имеют гидроприводы. По специальному заказу эти станки могут поставляться с агрегатом АК (активный контроль), позволяющим вести измерение диаметра отверстия во время обработки и осуществляющим автоматическое отключение станка по достижении заданного размера.

Вертикально-хонинговальные станки 3А83, 3А84 и 383 предназначены для обработки блоков цилиндра, гильз, шатунов и др.

На этих станках предусмотрена возможность хонингования на коротких ходах в любом месте отверстия, а также возможность установки специальных приспособлений на основание станка. Цикл работ полуавтоматический.

Станок 3Б833 предназначен для хонингования и притирки отверстий в гильзах, цилиндрах двигателей и аналогичных деталях в условиях ремонтных мастерских.

На станках 3А83, 3А84 и 383 разжим брусков и возвратно-поступательное движение осуществляются от гидропривода, а на станке 3Б833 хонинговальная головка получает возвратно-поступательное движение от ходового винта с помощью реверсивного механизма и фрикционных муфт; разжим брусков ручной.

Для хонингования отверстий малых диаметров применяются вертикально-доводочные станки ОФ-26 и ОФ-26А с пристроенными баком и насосом для охлаждающей жидкости. Детали на этих станках крепятся в приспособлении. Скорость возвратно-поступательного движения шпиндельной головки регулируется бесступенчато.

При выборе режимов хонингования деталей, изготовленных из чугуна твердостью не выше *HВ* 250 и незакаленной стали, рекомендуется пользоваться данными, приведенными в табл. 3.

Институтом сверхтвердых материалов разработаны рекомендации по выбору зернистости брусков в зависимости от снимаемого припуска и требуемой чистоты поверхности (табл. 4) и нормы расходов алмазов при обработке чугунов и незакаленной стали (табл. 5). При хонинговании закаленной стали и чугунов для получения той же чистоты необходимо применять бруски зернистостью на 1—2 номера выше.

При окончательном хонинговании (полировании) бывают случаи налипания частиц металла на бруски из микропорошков, вследствие чего на обрабатываемой поверхности возникают царапины.

При предварительном хонинговании брусками из шлифпорошков и шлифзерна налипание не наблюдается.

Причиной налипания может быть наличие на поверхности бруска участков без алмазов, в результате чего происходит трение металла по металлу. Постепенно снимаемый металл на-



Таблица 3

## Режимы хонингования брусками из синтетических алмазов

| Обрабатываемый материал | Операция                     | Скорость вращения $V_{вр}$ , м/мин | Скорость возвратно-поступательного движения $V_{в-п}$ , м/мин | Давление брусков $P$ , кг/см <sup>2</sup> | Смазочно-охлаждающая жидкость                                     |
|-------------------------|------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| Чугун,<br>$HB \leq 250$ | Предварительное хонингование |                                    | 20—25                                                         | 5—10                                      | Керосин                                                           |
|                         | Окончательное хонингование   | 60—80                              | 10—20                                                         | 2—5                                       | 70 % керосина + 30 % веретенного масла                            |
| Сталь,<br>$HB \leq 290$ | Хонингование                 | 30—40                              | 8—12                                                          | 3—6                                       | 70 % керосина + 30 % веретенного масла или трансформаторное масло |

Таблица 4

## Зернистость алмазных брусков в зависимости от припуска и требуемой чистоты обработки

| Припуск на диаметр, мм | Чистота обработки | Зернистость |
|------------------------|-------------------|-------------|
| 0,10—0,15              | V5                | АСП25       |
| 0,06—0,10              | V6                | АСП16       |
|                        |                   | АСП12       |
|                        | V7                | АСП10       |

Продолжение табл. 4

| Припуск на диаметр, мм | Чистота обработки | Зернистость |
|------------------------|-------------------|-------------|
| 0,03 — 0,06            | V8                | АСП8        |
|                        |                   | АСП6        |
| 0,005—0,01             | V9                | АСМ28       |
|                        |                   | АСМ20       |
| 0,005                  | V10               | АСМ14       |

Таблица 5

## Нормы расхода алмазов

| Обрабатываемый материал | Припуск на диаметр, мм | Расход алмазов    |      |
|-------------------------|------------------------|-------------------|------|
|                         |                        | мг/м <sup>2</sup> | мг/г |
| Чугун, $HB \leq 250$    | 0,10                   | 20                | 0,03 |
|                         | 0,08                   | 15                |      |
|                         | 0,05                   | 10                |      |
|                         | 0,03                   | 8                 | 0,05 |
|                         | 0,01                   | 6                 | 0,10 |
|                         |                        |                   |      |
| Сталь, $HB \leq 290$    | 0,05                   | 200               | 0,50 |
|                         | 0,03                   | 120               |      |

волакивается, спрессовывается, вминается в связку и начинает принимать участие в резании. А так как по своей величине металлические частицы значительно превосходят алмазные зерна, образуются глубокие риски на

обрабатываемой поверхности. Налипание металла, как правило, возникает при повышенном удельном давлении. Поэтому на операциях окончательного хонингования, обеспечивающих 9—12-й классы чистоты, особенно важным является соблюдение рекомендуемых режимов.

В случае появления налипания необходимо вывести хонинговальную головку из отверстия и зачистить места налипания на хоне обычным абразивным бруском. После этого можно продолжить работу на заниженном давлении. Образовавшиеся выемки на алмазных брусках не влияют на качество поверхности и геометрической формы отверстия.

В случае систематического появления риск на обрабатываемой поверхности необходимо увеличивать процентное содержание масла в охлаждающей жидкости.

Причиной появления риск на обрабатываемой поверхности может быть недостаточная жесткость и точность изготовления хонинговальной головки. Наиболее опасным является свободное шатание колодок в пазах головки. Сопряжение колодок с головкой должно быть выполнено по ходовой посадке 2-го класса точности.

Причиной налипания может быть также некачественное изготовление брусков: плохое размешивание алмазного порошка и неравномерная пропрессовка алмазоносного слоя. Повышенную склонность к налипанию имеют бруски, спеченные в атмосфере (без восстановительной среды).

## ХОНИНГОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ НА ГОРЬКОВСКОМ АВТОМОБИЛЬНОМ ЗАВОДЕ

Освоение в широких масштабах промышленного выпуска синтетических алмазов и отработка технологии производства хонинговальных брусков на различных связках позволили Институту сверхтвердых материалов совместно с лабораторией резания Горьковского автозавода в 1964 г. провести широкие работы по внедрению процессов хонингования деталей основного производства брусками из синтетических алмазов.

Исследования проводились по следующим этапам:

1) выявление возможности применения брусков из синтетических алмазов для хонингования чугунных и стальных деталей;

2) выбор оптимальных зернистости, концентрации и связки алмазных брусков для хонингования блоков цилиндров грузовых и легковых автомобилей, колесных и главных тормозных цилиндров, блоков шестерен;

3) определение влияния алмазного хонингования на точность геометрической формы и чистоту поверхностей обработанных деталей;

4) определение влияния алмазного хонингования на долговечность деталей автомобиля;

5) определение эффективности применения алмазного хонингования вместо обычного абразивного.

## БЛОКИ ЦИЛИНДРОВ

На заводе производится обработка шестицилиндровых блоков грузовых автомобилей ГАЗ-51, ГАЗ-53 и других и четырехцилиндровых блоков автомобиля М-20 «Победа» на шестишпиндельных вертикально-хонинговальных станках «Bagnes-Drill».

Материал блоков цилиндров — чугун СЧ 24—44 твердостью *HV* 170—241. Материал гильзы цилиндров — легированный чугун твердостью *HV* 156—197. Диаметр отверстия — 82 мм, длина — 204 мм. Требуемая чистота поверхности —  $\nabla 9$ , овальность и конусность — не более 0,01 мм.

Для проведения испытаний институтом были изготовлены бруски размерами 100×8×3,5 мм с алмазонасным слоем толщиной 1,5 мм и содержанием алмазов в бруске 5,2 карата, что соответствует 100%-ной концентрации. Связка металлическая М1. Для предварительного хонингования были изготовлены бруски с алмазами обычной прочности зернистостью АСО6 и алмазами повышенной прочности зернистостью АСП10 и АСП12, а для окончательного хонингования — зернистостью АСМ20 и АСМ28. Испытания проводились на следующих режимах:  $V_{вр} = 42$  м/мин;  $V_{в.п} = 15$  м/мин; при черновом хонинговании  $P = 15 \div 25$  кг/см<sup>2</sup>; при чистовом хонинговании  $P = 5 \div 10$  кг/см<sup>2</sup>. Смазочно-охлаждающая жидкость — 98% керосина + 2% олеиновой кислоты.

До внедрения брусков из синтетических алмазов для предварительного хонингования при-

меняли бруски КЗ6СТ2К, а для окончательно — КЗМ2ОС2Б.

Испытания проводились в производственных условиях моторного цеха.

Для точного определения съема металла и геометрической формы отверстий цилиндры измерялись в двух взаимно перпендикулярных плоскостях в трех сечениях индикаторным нутромером с ценой деления 0,002 мм. Результаты сравнительных испытаний брусков из синтетических алмазов и обычных абразивных приведены в табл. 6. При предварительном хонинговании лучшие результаты по стойкости и расходу алмазов показали бруски зернистостью АСП10 и АСП12. Бруски зернистостью АСО6, несмотря на сравнительно высокую стойкость, применять не рекомендуется, так как они малопроизводительны.

Некоторое увеличение шероховатости поверхности при использовании брусков зернистостью АСП10 и АСП12 в данном случае допустимо, так как это не влияет на чистоту поверхности после окончательной обработки.

При окончательном хонинговании бруски из синтетических алмазов зернистостью АСМ20 и АСМ28 имеют стойкость в 56—66 раз большую, чем бруски КЗМ28. Суммарный расход алмазов — в среднем 2 карата на 100 цилиндров.

Алмазное хонингование в условиях массового производства обеспечивает чистоту поверхности блоков цилиндров  $\nabla 96$  (при абразивном — — 8в —  $\triangle 9a$ ).

Высокая размерная стойкость алмазных брусков позволяет значительно улучшить геометрическую форму обрабатываемых цилинд-

Таблица 6

## Результаты сравнительных испытаний обычных абразивных

| Операция                               | Зернистость брусков | Количество испытанных комплектов, шт. | Количество брусков в одной голловке, шт. | Припуск, мм |
|----------------------------------------|---------------------|---------------------------------------|------------------------------------------|-------------|
| Предварительное хонингование . . . . . | K36                 | 6                                     | 3                                        | 0,053       |
|                                        | АСО6                | 6                                     |                                          |             |
|                                        | АСП10               | 12                                    | 6                                        |             |
|                                        | АСП12               | 12                                    |                                          |             |
| Окончательное хонингование . . . . .   | K3M28               | 6                                     |                                          | 0,007       |
|                                        | АСМ20               | 12                                    | 6                                        |             |
|                                        | АСМ28               | 12                                    |                                          |             |

ров, а высокие режущие свойства алмазов резко снижают температуру в зоне резания, что улучшает состояние металла поверхностных слоев. Все эти качественные показатели приводят к значительному повышению долговечности деталей, что является основным показателем эффективности алмазного хонингования.

Алмазное хонингование внедрено на всех поточных линиях обработки блоков цилиндров грузовых и легковых автомобилей.

## КОЛЕСНЫЕ И ГЛАВНЫЕ ТОРМОЗНЫЕ ЦИЛИНДРЫ

На заводе обрабатываются 15 типоразмеров колесных и главных тормозных цилиндров грузовых и легковых автомобилей. Материал

## и алмазных брусков при хонинговании блоков цилиндров

| Машинное время, мин | Стойкость комплекта (количество обработанных отверстий) | Относительная стойкость | Чистота поверхности $R_a$ , мк | Удельный расход алмазов |                           | Производительность, мм <sup>3</sup> /мин |
|---------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------|-------------------------|---------------------------|------------------------------------------|
|                     |                                                         |                         |                                | мг/г                    | каратов на 1000 отверстий |                                          |
| 0,46                | 200                                                     | 1                       | 0,48—0,64                      | —                       | —                         | 3200                                     |
| 0,92                | 16 000                                                  | 80                      | 0,32—0,44                      | 0,040                   | 2,00                      | 1600                                     |
| 0,45                | 20 700                                                  | 103                     | 0,64—0,88                      | 0,030                   | 1,56                      | 3300                                     |
| 0,45                | 22 500                                                  | 113                     | 0,64—0,88                      | 0,026                   | 1,40                      | 3300                                     |
| 0,6                 | 950                                                     | 1                       | 0,25—0,35                      | —                       | —                         | 210                                      |
|                     | 53 600                                                  | 56                      | 0,20—0,25                      | 0,080                   | 0,60                      |                                          |
|                     | 62 500                                                  | 66                      | 0,20—0,25                      | 0,070                   | 0,52                      |                                          |

цилиндров — чугун СЧ 18—36 твердостью *НВ* 163—229. Диаметры обрабатываемых отверстий — 22—42 мм, длина — 36—148 мм. Требуемая чистота поверхности —  $\nabla 10$ , конусность — не более 0,01 мм на длине отверстия, овальность — не более 0,01 мм.

Сравнительные испытания обычных абразивных и алмазных брусков были проведены на колесном цилиндре диаметром 38 мм и длиной 98 мм.

Размеры алмазных брусков — 50×8××3,5 мм; толщина алмазоносного слоя — 1,5 мм; связка М1 100%-ной концентрации (2,6 карата в бруске).

Результаты сравнительных испытаний приведены в табл. 7.

## БЛОК ШЕСТЕРЕН

Материал блоков шестерен автомобиля «Волга» — сталь 38ХА твердостью  $HRC\ 52-56$ . Диаметр обрабатываемого отверстия —  $28,575^{+0,025}$  мм, длина —  $167,474_{-0,06}$  мм. Требуемая чистота поверхности отверстия —  $\nabla 9$ , овальность и конусность — в пределах половины допуска, эксцентricичность зубчатого венца относительно оси центрального отверстия — не более 0,08 мм.

Двухкратное алмазное хонингование заменило внутреннее шлифование и хонингование с двух сторон с переустановкой.

Испытания проводились на двухшпиндельном вертикально-хонинговальном станке ОФ-14А. Режимы обработки:  $V \leq 71,5$  м/мин;  $V_{в.п} = 24,4$  м/мин;  $P = 610$  кг/см<sup>2</sup>. ÷ Охлаждение — 80 % керосина + 20 % машинного масла. При предварительном хонинговании применялись алмазные бруски  $100 \times 8 \times 3$  мм с алмазным слоем толщиной 1 мм на связке М1 50%-ной концентрации (1,75 карата в бруске); при окончательном — те же бруски, но со 100%-ной концентрацией алмазов (3,5 карата в бруске).

Были испытаны 45 комплектов брусков 20 различных характеристик. Особые трудности возникли при предварительном хонинговании блоков шестерен после термообработки. Бруски с алмазами АСО и АСП не дали положительных результатов: наблюдался повышенный



Таблица 7

Результаты сравнительных испытаний обычных абразивных и алмазных брусков при хонинговании колесных цилиндров

| Операция                     | Характеристика брусков | Припуск, мм | Машинное время, мин | Стойкость комплекта (количество обработанных отверстий) | Относительная стойкость | Удельный расход алмазов |                           |
|------------------------------|------------------------|-------------|---------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------|---------------------------|
|                              |                        |             |                     |                                                         |                         | мг/г                    | каратов на 1000 отверстий |
| Предварительное хонингование | КЗ4СТЗК                | 0,08        | 0,30                | 125                                                     | 1                       | 0,065                   | 1,16                      |
|                              | АСП8                   |             |                     |                                                         |                         |                         |                           |
| Окончательное хонингование   | КЗМ20СТЗК              | 0,01        | 0,25                | 1400                                                    | 1                       | 0,10                    | 0,21                      |
|                              | АСМ14                  |             |                     |                                                         |                         |                         |                           |

расход алмазов при низкой производительности процесса. Производительность брусков с алмазами АСВ (АСВ20—АСВ25) в 1,5—2 раза выше при удельном расходе алмазов, меньшем в 1,6 раза. При окончательном хонинговании наилучшие результаты показали бруски зернистостью АСП4.

В табл. 8 приведены сравнительные данные двух технологических процессов обработки отверстий блоков шестерен.

Кроме увеличения производительности, алмазное хонингование обеспечивает повышение чистоты обрабатываемой поверхности на 1 класс ( $\nabla 9$  вместо  $\nabla 8$  при абразивном хонинговании). За счет меньшего съема цианированного слоя твердость поверхности отверстия повышается на 10 единиц *HRC*, вследствие чего срок службы блоков шестерен возрастает на 15%. Производительность обработки повысилась в 2,2 раза.

При предварительном хонинговании стойкость алмазных брусков на связке М1 оказалась недостаточной (150 отверстий на комплект).

В лаборатории технологии изготовления алмазного инструмента Института сверхтвердых материалов разработаны новые металло-силикатные связки МС. Были изготовлены бруски с алмазами АСВ20—АСВ25 на 15 различных металло-силикатных связках. При этом варьировали как состав связок, так и технологию их изготовления. Стойкость брусков на связках МС5 и МС15 значительно выше — 800—900 отверстий на комплект при удельном расходе алмазов 0,76 мг/г. Бруски на связке

Таблица 8

Результаты сравнительных испытаний двух технологических процессов обработки отверстий блоков шестерен

| Технологический процесс | Операция                                        | Характеристика брусков (круга) | Припуск, мм | Машинное время, мин | Стоимость круга и комплектов брусков (количество обработанных отверстий) | Удельный расход алмазов, мг/г | Общее машинное время обработки отверстий, мин |
|-------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------|-------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------|-------------------------------|-----------------------------------------------|
| I                       | Шлифование отверстия . .                        | ППЭВ16С1К                      | 0,30        | 0,94                | 100                                                                      |                               | 1,54                                          |
|                         | Хонингование со стороны первого венца . . . . . | БХЭВЗСМ2К                      | 0,03        | 0,30                | 28                                                                       |                               |                                               |
|                         | Хонингование со стороны второго венца . . . . . | БХЭВЗСМ2К                      | 0,03        | 0,30                | 28                                                                       |                               |                                               |
| II                      | Предварительное хонингование . . . . .          | АСВ25                          | 0,10        | 0,50                | 150                                                                      | 1,34                          | 0,70                                          |
|                         | Окончательное хонингование . . . . .            | АСП4                           | 0,03        | 0,20                | 1400                                                                     | 1,15                          |                                               |

МС15 внедрены для обработки блоков шестерен легкового автомобиля.

Расчет эффективности применения брусков из синтетических алмазов показал, что экономия на 1 карат синтетических алмазов без учета повышения качества и долговечности деталей автомобилей составляет по блокам цилиндров — 5,6 руб., по колесным тормозным цилиндрам — 1,9 руб. и по блоку шестерен — 0,4 руб.

## **АЛМАЗНОЕ ХОНИНГОВАНИЕ НА АВТОРЕМОНТНЫХ ЗАВОДАХ**

В Советском Союзе ремонтируется в год более 2,0 млн. автомобильных двигателей. Отсюда становится понятным, какое большое народнохозяйственное значение приобретает повышение качества ремонта и увеличение межремонтных пробегов автомобилей.

Институт сверхтвердых материалов внедрил алмазное хонингование более чем на 200 авторемонтных заводах страны. В условиях авторемонтных заводов алмазное хонингование по сравнению с обычным абразивным обеспечивает повышение чистоты поверхности на 1—2 класса и точности геометрической формы обрабатываемых отверстий в два и более раза; при этом расходы на инструмент сокращаются в 5—10 раз. Стойкость алмазных брусков в 100—350, а в отдельных случаях в 500 и более раз выше стойкости абразивных брусков. При алмазном хонинговании брак снижается в 10—20 раз и составляет всего 0,2—

0,5%. Экономия на 1 карат синтетических алмазов составляет 5—15 руб.

Ниже приведен ряд примеров, подтверждающих высокую эффективность применения алмазного хонингования в авторемонтном деле.

Алмазное хонингование блоков цилиндров автомобиля ГАЗ-51 впервые было внедрено на 1-м Киевском авторемонтном заводе (1КАРЗ).

Материал блока — чугуны СЧ 24—44 твердостью *HV* 170—241. Материал гильзы-вкладыша — легированный чугун твердостью *HV* 156—197. Часть блоков при капитальном ремонте растачивается под новые гильзы, которые запрессовываются в блоки. Материал гильзы — титано-медистый чугун твердостью *HV* 156—207. Диаметр обрабатываемых отверстий — 82 мм, длина — 230 мм. Конусность отверстий — не более 0,02 мм, овальность — не более 0,025 мм. Требуемая чистота поверхности —  $\nabla 9$ .

Хонингование производилось на модернизированных одношпиндельных вертикально-хонинговальных станках в две операции.

Модернизация станков заключалась в их переводе на пневматический разжим. Замена ручного разжима пневматическим обеспечивает постоянное давление на алмазные бруски и возможность его регулировки, что очень важно при алмазном хонинговании.

Хонинговальные головки — быстросменные. Реконструированная хонинговальная головка в сборе с пневмокамерой изображена на рис. 3.

Воздух из заводской магистрали с помо-

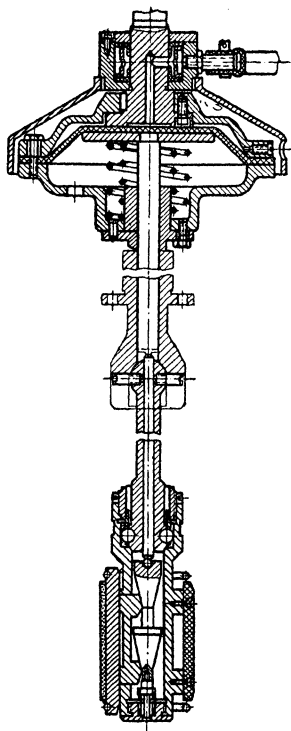


Рис. 3. Хонинговальная головка с пневморазжимом.

стью гибкого шланга подводится к пневмокамере; давление через мембрану и шток с конусами передается на сухари и раздвигает колодки, прижимая бруски к обрабатываемой поверхности. При выключении воздуха двойная пружина возвращает шток вместе с мембраной в первоначальное положение. Регулировка давления воздуха специальным клапаном позволяет изменять рабочее давление брусков в широких пределах.

Простота конструкции и надежность работы такого пневматического разжима обеспечивает его успешное применение на многих

авторемонтных предприятиях.

Алмазные бруски были изготовлены на опытном заводе института. Связка — металлическая М1. Размер брусков —  $100 \times 8 \times 3$  мм; толщина алмазоносного слоя — 1 мм. Количество алмазов в бруске — 3,5 карата, что соот-

ветствует 100 %-ной концентрации. При предварительном хонинговании применялись бруски зернистостью АСП6, при окончательном — АСМ20.

Перед хонингованием цилиндры растачивались на вертикально-расточных станках с оставлением припуска 0,05—0,06 мм на диаметр. Режимы хонингования:  $V_{вр} = 60—80$  м/мин;  $V_{в.п} = 24$  м/мин;  $P = 3—5$  кг/см<sup>2</sup>. Смазочно-охлаждающая жидкость — керосин.

Результаты сравнительных испытаний обычных абразивных и алмазных брусков при хонинговании блока цилиндров приведены в табл. 9. Суммарный расход алмазов на 1000 отверстий составляет 4,4 карата при стоимости 1 карата в бруске 1,4 руб.

По данным расчета экономической эффективности внедрения алмазного хонингования на 1ҚАРЗ расходы по обычным абразивным брускам на один блок составляют 40,4 коп., а по алмазным — 4,4 коп., т. е. расходы на инструмент снизились в 9,2 раза. Годовая экономия от внедрения синтетических алмазов при хонинговании блоков цилиндров (15 000 шт.) с учетом только снижения расходов по инструменту составляет 5400 руб., а экономия на 1 карат синтетических алмазов — 13 руб.

В табл. 10 приведены результаты испытаний брусков с алмазозносным слоем толщиной 1,5 мм на 2-м Харьковском и Одесском авторемонтных заводах.

На Донецком авторемонтном заводе, благодаря внедрению алмазного хонингования блоков цилиндров автомобиля ЗИЛ-120,

Таблица 9

Результаты сравнительных испытаний обычных абразивных и алмазных брусков при хонинговании блоков цилиндров автомобиля ГАЗ-51 на 1-м Киевском авторемонтном заводе

| Операция                     | Характеристика брусков | Припуск, мм | Машинное время, мин | Стойкость комплекта (количество обработанных отверстий) | Относительная стойкость | Расход брусков, шт. на 1000 отверстий | Удельный расход алмазов |                           |
|------------------------------|------------------------|-------------|---------------------|---------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------|---------------------------|
|                              |                        |             |                     |                                                         |                         |                                       | мг/г                    | каратов на 1000 отверстий |
| Предварительное хонингование | КЗ6СТ1К                | 0,05        | 0,33                | 42                                                      | 1                       | 143                                   | —                       | —                         |
|                              | АС6                    |             |                     | 8000                                                    | 191                     | 0,75                                  | 0,05                    | 2,6                       |
| Окончательное хонингование   | КЗМ20СМ1К              | 0,01        | 0,17                | 138                                                     | 1                       | 44                                    | —                       | —                         |
|                              | АСМ20                  |             |                     | 12 000                                                  | 87                      | 0,50                                  | 0,17                    | 1,8                       |



Таблица 10

Результаты сравнительных испытаний обычных абразивных и алмазных брусков при хонинговании блоков цилиндров автомобиля ГАЗ-51

| Предприятие                         | Операция                     | Характеристика брусков | Припуск, мм | Стойкость комплекта (количество обработанных отверстий) | Относительная стойкость | Расход брусков, шт. на 1000 отверстий | Расход алмазов, каратов на 1000 отверстий |
|-------------------------------------|------------------------------|------------------------|-------------|---------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------|-------------------------------------------|
| 2-й Харьковский авторемонтный завод | Предварительное хонингование | К36СТ1К                | 0,05        | 36                                                      | 1                       | 180                                   | 3,45                                      |
|                                     |                              | АС6—М1—100—5,2         |             | 9040                                                    | 250                     | 0,66                                  |                                           |
|                                     | Окончательное хонингование   | КЗМ20СМ1К              | 0,01        | 120                                                     | 1                       | 50                                    | 2,34                                      |
|                                     |                              | АСМ20—М1—100—5,2       |             | 13 300                                                  | 110                     | 0,45                                  |                                           |
| Одесский авторемонтный завод        | Предварительное хонингование | К36СТ1К                | 0,05        | 36                                                      | 1                       | 140                                   | 2,02                                      |
|                                     |                              | АС6—М1—100—5,2         |             | 12 700                                                  | 350                     | 0,39                                  |                                           |
|                                     | Окончательное хонингование   | КЗМ20СМ1К              | 0,01        | 120                                                     | 1                       | 42                                    | 1,82                                      |
|                                     |                              | АСМ20—М1—100—5,2       |             | 14 200                                                  | 118                     | 0,35                                  |                                           |

чистота поверхности цилиндров повысилась с  $\nabla 7$  до  $\nabla 9$ , а конусность и овальность цилиндров снизились от 0,03 мм до 0,015 мм.

Высокая точность обработки цилиндров позволила после обкатки двигателей на стенде выдерживать тепловой зазор в замке кольца в пределах технических условий (0,25—0,45 мм при начальном зазоре 0,2—0,3 мм).

### Результаты сравнительных испытаний обычных хонин-

| Характеристика брусков | Режим обра-             |                          |                     |  |
|------------------------|-------------------------|--------------------------|---------------------|--|
|                        | $V_{вр}, \text{ м/мин}$ | $V_{в.п}, \text{ м/мин}$ | $R, \text{ кг/м}^2$ |  |
| ЭБ5СМ1К                | 16                      | 18                       | 5                   |  |
| АСМ20—М1—100—5,2       |                         |                          |                     |  |

Раньше зазор выдерживался в пределах 0,6—0,8 мм при начальных 0,05—0,10 мм. Уменьшенный начальный зазор в замке часто приводил к заклиниванию кольца и задиру цилиндров.

При употреблении на обкатке масла «Индустриальное 12» двигатели браковались из-за пропуска газов в картер, на устранение чего тратилось много времени. После уменьшения овальности и конусности цилиндров в 2—3 раза пропуск газов в картер уменьшился и брак резко сократился.

Стойкость комплекта обычных абразивных брусков при обработке цилиндров блока

ЗИЛ-120 составляет 30 отверстий, а алмазных при предварительном хонинговании — 11 000 отверстий, при окончательном — 16 000 отверстий, т. е. соответственно выше в 370 и 530 раз. Расход алмазов на 1000 цилиндров при предварительном хонинговании составил 2,38 карата, а при окончательном — 1,48 карата. Стоимость брусков КЗ на обработку одного

Таблица 11

**абразивных и алмазных брусков при окончательном  
говании**

| ботки       |                        | Стойкость комп-<br>лекта (количество<br>обработанных от-<br>верстий | Расход брусков,<br>на 1000 отвер-<br>стий | Относительная<br>стойкость | Удельный расход<br>алмазов, каратов<br>на 1000 отверстий |
|-------------|------------------------|---------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------|
| Припуск, мм | Машинное<br>время, мин |                                                                     |                                           |                            |                                                          |
| 0,03        | 0,27                   | $\frac{150}{12\ 400}$                                               | $\frac{27}{0,32}$                         | $\frac{1}{81}$             | $\frac{—}{1,7}$                                          |

блока цилиндров составляет 17,8 коп., а стоимость алмазных — 3,3 коп. Следовательно, расход по инструменту уменьшается более чем в пять раз.

Высокая стабильность процесса алмазного хонингования позволила снизить квалификацию станочников, занятых на операциях (II разряд вместо III).

Производительность рабочего в смену при алмазном хонинговании составила 17 блоков вместо 14 при работе брусками КЗ, т. е. повысилась на 20 %, а брак снизился в 20 раз (с 10 до 0,5 %).

По данным Ряжского авторемонтного заво-

да при алмазном хонинговании блоков цилиндров автомобиля ЗИЛ-120 чистота поверхности повысилась с  $\nabla 8$  до  $\nabla 10$ , овальность и конусность уменьшились от 0,03 мм до 0,01 мм. Если раньше после обкатки, как правило, приходилось производить частичную разборку двигателей и менять поршневые кольца вследствие их чрезмерного износа из-за низкого качества поверхности цилиндров, то после внедрения алмазного хонингования необходимость разборки двигателей полностью отпала. Экономия по инструменту на один блок цилиндров составила 30 коп.

Аналогичные результаты при алмазном хонинговании блоков цилиндров автомобиля ЗИЛ-120 получены также на Минском авторемонтном заводе. При припуске на диаметр 0,04 мм алмазное хонингование производится в одну операцию брусками АСМ20, стойкость которых, как показали испытания, в 200 раз выше стойкости абразивных брусков.

Хонингование блоков цилиндров автомобиля ГАЗ-51 в одну операцию при припуске 0,03 мм производится на Ташкентском авторемонтном заводе № 1. Результаты проведенных на этом заводе испытаний обычных абразивных и алмазных брусков приведены в табл. 11. На авторемонтных заводах алмазное хонингование применяют не только при обработке блоков цилиндров, но и шатунов, колесных тормозных цилиндров, амортизаторов, компрессоров и др. Так на ИКАРЗ алмазное хонингование применяют для обработки шатунов двигателя ГАЗ-51 и колесных тормозных цилиндров. Стойкость комплекта алмазных брусков при

обработке шатунов составляет 8000 отверстий (припуск 0,01—0,02 мм), чистота поверхности повысилась с 6 до  $\nabla \nabla 8$ . При обработке колесных тормозных цилиндров чистота поверхности возросла от  $\nabla 8$  до  $\nabla 10$ .

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

|                                                                                   | Стр. |
|-----------------------------------------------------------------------------------|------|
| Предисловие . . . . .                                                             | 3    |
| Технология алмазного хонингования . . . . .                                       | 5    |
| Хонингование деталей автомобилей на Горьковском<br>автомобильном заводе . . . . . | 19   |
| Блоки цилиндров . . . . .                                                         | 20   |
| Колесные и главные тормозные цилиндры . . . . .                                   | 22   |
| Блок шестерен . . . . .                                                           | 24   |
| Алмазное хонингование на авторемонтных заводах                                    | 28   |

**Валентин Николаевич Бакуль**, канд. техн. наук  
**Антон Александрович Сагарда**, канд техн. наук.  
**Израиль Хананович Чеповецкий**, инж.

## **АЛМАЗНОЕ ХОНИНГОВАНИЕ**

Редактор издательства инж. *П. П. Сенчуров*  
Обложка художника *Л. Б. Сергия*  
Художественные редакторы *Б. В. Валуенко,*  
*Н. Ф. Соловьева*  
Технические редакторы *И. Е. Немченко,*  
*Е. Н. Соколов.*  
Корректор *Ж. С. Яловая*

Сдано в набор 22.III.1966 г. Подписано к печати  
17.VI.1966 г. Формат бумаги 70×90<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Объем:  
1,25 физ. л., 1,46, усл. л., 1,23, уч.-изд. л. Тираж  
6000. Зак. № 1342. БФ 37092. Цена 6 коп.

Издательство «Техніка», Киев, 4, Пушкинская, 28.

Киевская фабрика набора Комитета по печати  
при Совете Министров УССР, Довженко, 5.



6 коп.

51  
6266

