

## ОТРЕЗНЫЕ КРУГИ: СЕКРЕТЫ КАЧЕСТВА, или как выбрать действительно хороший инструмент

Абразивная резка является одним из наиболее эффективных, доступных и производительных видов заготовительных операций. Широкому использованию отрезных абразивных кругов способствует их доступность, высокая производительность, возможность обрабатывать заготовки практически из любого материала, нетребовательность к среде и температуре. А эксплуатация данного инструмента не требует специальной подготовки. Необходимы только элементарные знания и навыки.

Поэтому, не случайно, достаточно динамично растет объем продаж пневмо- и электроинструмента. Соответственно растёт и потребление отрезных кругов (см. диаграмму). Увеличивается и количество представленных на рынке Украины торговых марок, поставляющих соответствующую продукцию.

Для изготовления отрезных кругов большинство производителей, как правило, применяют схожие технологии и типовой перечень основных материалов, используют типовое оборудование. На разных

предприятиях оно может быть различного технического уровня, но наличие даже самых современных образцов оборудования не является гарантией высокого качества конечной продукции.

Любой, кто использует отрезные круги, имеет ограниченные возможности для объективной оценки их качества. Внешне все образцы, предлагаемые на рынке различными фирмами, выглядят практически одинаково, небольшие отличия, по которым можно сделать какие-то выводы, может рассмотреть только опытный

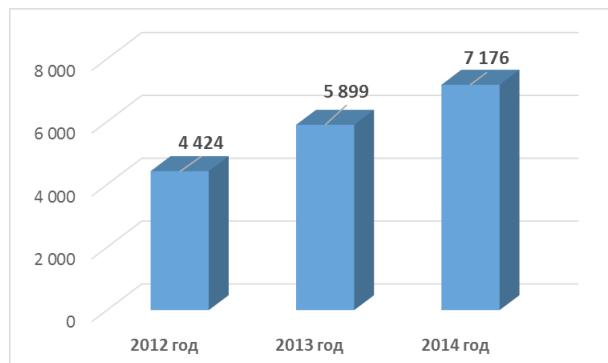


### Автор статьи

**С.Н. Эсмантович,**  
директор департамента  
технологий и инноваций,  
ООО «Торговый дом «Александр»

специалист. Испытательные лаборатории обычно существуют только на специализированных предприятиях, а широко распространенный метод проверки вручную дает не слишком представительные результаты и вряд ли данные, полученные подобным образом, могут быть использованы как решающий аргумент в споре с продавцом. Вы вправе заявить, что поставляемый им круг не обеспечивает тех качественных показателей, которые были заявлены изначально, но как это доказать практически? Более того, какие вообще критерии применимы для потребительской оценки кругов?

Чаще всего в подобных случаях ограничиваются минимумом параметров, которые наиболее понятны покупателю: цена,



### ← Диаграмма.

Рост объема потребления отрезных и зачистных кругов в Украине (в тоннах)

износостойкость, производительность. В действительности же эти данные являются производными множества эксплуатационных характеристик отрезных кругов, регламентированных действующим в Украине ДСТУ ГОСТ 21963:2003. Если рассматривать основные из них, то в первую очередь необходимо обратить внимание на те, проверить которые не составляет труда, даже без применения специальных методов:

### 1. НАРУЖНЫЙ ДИАМЕТР КРУГА



Абсолютно «прозрачный» параметр, но он открывает возможности для определенных манипуляций. Допустимое отклонение диаметра (+/-3 мм) от нормативного позволяет некоторым производителям (причем на вполне легальной основе), работая на его нижнем пределе (-3 мм), экономить на используемых материалах, что в итоге приводит к снижению рабочего ресурса инструмента.

### 2. ВЫСОТА КРУГА



Чаще всего является предметом злоупотреблений со стороны недобросовестных изготовителей. Допустимый предел отклонения (+/-0,3 мм) дает возможность экономить на материале, отступать от технологии и неоправданно повышать стойкость круга. Только солидные сертифицированные производители в полной мере выдерживают заявленные значения.

### 3. НЕРАВНОМЕРНОСТЬ ВЫСОТЫ КРУГА

Соответствие данного показателя нормативным требованиям во многом зависит

от технического уровня предприятия-изготовителя. Последствия же для потребителя могут быть самые неприятные. От возможного дисбаланса в работе инструмента (вибрация шлифмашинки), до получения косоугольного реза, что особенно проявляется при обработке заготовок большого сечения.

### 4. РАДИАЛЬНОЕ И ТОРЦЕВОЕ БИЕНИЕ КРУГА

Сам термин отражает и его физическую суть. Отклонение от нормативного значения (более 0,8 мм) не позволит, в лучшем случае, сделать ровный рез. В худшем – приведет к браку, заклиниванию круга в заготовке или даже его полному разрушению.

### 5. НЕУРАВНОВЕШЕННОСТЬ КРУГА (ДИСБАЛАНС)

Данный показатель также во многом зависит от технологического уровня предприятия, изготавливающего круги. Небольшой дисбаланс создает повышенные вибрации при работе, большой — может привести к разрушению круга при наборе оборотов двигателя электро- или пневмоинструмента.

ДСТУ ГОСТ 21963:2003 не предусматривает полный приемочный контроль продукции по вышеуказанным параметрам — максимум 10% изделий от партии, а проверке на предельную рабочую скорость подвергается только 1% кругов из партии. При этом многие недобросовестные производители не выполняют контроль даже в столь минимальных объемах.

Приведенные выше стандартные показатели определяют, в первую очередь, безопасность использования кругов и точность выполнения операций, а также в определенной степени влияют на расчет расхода круга. Однако, ключевые параметры, непосредственно характеризующие качество изготовления режущего инструмента и соответствие его всем требуемым нормам, потребители самостоятельно проверить не могут.

Маркировка на этикетке в обязательном порядке включает такие данные как марка и зернистость абразивного материала, твердость и структура круга, связующее

и наличие армирующего элемента, рабочая скорость и класс точности. Не факт, что вся представленная информация достоверна, но и по ней косвенно всегда можно определить основные свойства круга.

**1) Марка абразивного материала,** как основной компонент круга, указывает подходит ли он для обработки конкретного материала. Во всех, без исключения, случаях электрокорунд (нормальный, белый, циркониевый и др.) предназначен для резания металлов, а карбид кремния — преимущественно для неметаллических материалов.

При этом, различных видов электрокорунда существует достаточно много, и если на кругах, выпускаемых в России и Украине, указывается конкретная марка (например, 14 А, 13 А, 25 А, 38 А, 54 С), которая как-то дисциплинирует и к чему-то обязывает, то зарубежные производители (в особенности из азиатских стран) обычно ограничиваются обобщенными символами А, Z С, что потенциально предполагает использование более широкой гаммы материалов, не всегда пригодных для изготовления отрезных кругов.

**2) Зернистость абразивного материала** с достаточной долей вероятности отражает режущую способность кругов, при условии, что производитель указал реальный показатель. Не секрет, что, чем крупнее зерно, тем выше его режущая способность, и применение абразива различных размеров на кругах разной толщины вызвано не только заботой о режущих свойствах инструмента и его качестве...

Но любые заявления относительно эксклюзивной зернистости — только рекламные трюки. В действительности же существует прямая зависимость между толщиной круга и размером используемого зерна и любые отклонения от технически обоснованных показателей сразу должны насторожить потребителя. Как правило, более мелкий абразив производители используют для повышения стойкости круга, в ущерб его режущей способности. А иногда это делается и с целью экономии «элитных» номеров зернистости (F24, F30, F36), которые на 15–20 процентов дороже шлифматериалов смежных величин зернистости.



Таблица 1. Типовое применение абразивных материалов в отрезных кругах различного назначения

Вид абразивного материала	Зернистость	Толщина круга, мм	Назначение
<b>Электрокорунд нормальный марки 14 А и его модификации (А)</b>	F24	2,5 ... 4	Резание разнообразных заготовок из стали и чугуна, в т. ч. отливок и изделий большого сечения, и т. п.
	F30	2,5	Стальные заготовки большого сечения из высокопрочных, инструментальных, жаростойких марок сталей, чугуна и цветных металлов.
	F36	2	Стальные заготовки небольшого сечения (в т. ч. трубы, стальной лист) из инструментальных, жаростойких марок сталей, чугуна, цветных металлов.
	F46	1,2 ... 1,6	Тонкий металлический лист, тонкостенные трубы и профили, в том числе из нержавеющей, инструментальной сталей и алюминия
	F60	1,2	
<b>Карбид кремния черный марки 54 С (С)</b>	F24	2,5 ... 4	Для резки заготовок из титана и его сплавов, а также асфальта, железобетона, гранита, мрамора, базальта
	F30	2,5	Детали и фрагменты из бетона, гранита, керамики, фарфора, черепицы, шифера, керамических труб, огнеупорного и строительного кирпича
	F36	2	Для резки заготовок небольшого сечения из гранита, технической керамики, электрофарфора, черепицы, шифера, керамических труб, спецстекла,
	F46	1,2 ... 1,6	Для тонкого реза керамической и др. плитки, стеклянных изделий, полимерных материалов и т. п.
<b>Циркониевый электрокорунд марки 38 А (Z)</b>	F24	2,5 ... 4	Высокопроизводительное резание заготовок большого сечения из специальных и высокопрочных марок сталей, а также чугуна и стального литья с большими подачами.
	F30, F36	2,5	Высокопроизводительное резание заготовок небольшого сечения из специальных и высокопрочных марок сталей, а также чугуна и стального литья.
	F36	2	Резка заготовок из высокопрочных, инструментальных, жаростойких марок сталей, чугуна, а также для заготовок цветных металлов небольшого сечения. Нержавеющие и кислотоустойчивые марки стали
	F40 ... F46	1,2 ... 1,6	Для резки тонкостенных изделий из нержавеющей и специальных марок стали

**3) Твердость отрезного круга** показателем скорее просто расчётный или декларируемый. Для предприятий, выпускающих продукцию согласно ДСТУ ГОСТ 21963:2003, предусмотрена проверка твердости приборами «Звук». Но выборка кругов для проверки незначительная, поэтому полученные данные не являются достаточно достоверными. Реальная твердость круга во многом зависит от рецептуры связующего и технического уровня предприятия-изготовителя. Более того, на маркировке твердость указывается в диапазоне, который скроет определенные технологические изъяны (ЗИЗ7–43 или от С до ЧТ). Европейские производители вообще не выполняют приемочный контроль по данному параметру, маркируя круги по твердости и рецептуре, но заявленным ими данным можно полностью доверять, в отличие от показателей многих азиатских поставщиков.

**4) Бакелитовая связка** маркируется просто буквой «В» всеми без исключения производителями, но различия в составе могут быть очень серьезными. Для изготовления отрезных кругов используется бакелитовая связка, состоящая из сухого фенольного связующего (пудербакели-

та) и жидкого фенольного связующего. Для улучшения свойств связки в состав добавляются активные наполнители различного происхождения. Видов связующих существует множество, но какое из них использовать решает только изготовитель инструмента.

Если для одних решающим фактором действительно является прочность и качество круга, то у других на первый план выходит стоимость. Потребитель этого проверить никак не может. Но в отрезных кругах, изготовленных из качественного сырья, запас прочности будет тройной, а у сделанных на базе дешевых смол риск разрыва составляет примерно 50/50. Срок годности также во многом зависит от состава связующего вещества. При этом разница в стоимости качественных и некачественных компонентов достаточно серьезная (до 3-х раз), и легко можно предположить, какие из них используются в кругах низкого ценового сегмента. Аналогичная ситуация и по наполнителям.

В дешевых кругах вы не найдете активных наполнителей (таких как красный пирит, криолит), там будут использованы просто дешевые материалы, в лучшем случае не канцерогенные.

**Справка**

Наполнители используются в смоляной матрице для увеличения прочности, теплостойкости, ударопрочности и т. д. Гибкое комбинирование соответствующих материалов помогает достичь требуемых для отрезного круга свойств. В качестве наполнителей в настоящее время используются криолит, пирит, сульфид цинка, литопон, кальция фторборат, сульфат кальция и хлорид кальция. Ранее применяемые трисульфид сурьмы и хлорид свинца, быстро вытесняются такими материалами, как специальные галогениды железа.

5) О наличии в отрезном круге **армирующей стеклосетки** свидетельствует буква F, совмещенная с маркировкой связующего (BF). Этот символ также не несет никакой дополнительной информации — один из главных элементов безопасности отрезного круга полностью отдан на откуп порядочности производителя.

Можно для круга диаметром 230 мм и толщиной в 2,5 мм использовать стеклосетку плотностью 290 г/см<sup>2</sup>, а можно и 180 г/см<sup>2</sup>, что допускается действующими стандартами. В качестве пропитки для стеклосетки используются феноло-формальдегидные смолы, аналогичными тем, которые при-

меняются при изготовлении самих кругов. Это делается для достижения максимальной адгезии между сеткой и связующим в круге. Выбор составов пропитки для достаточно большой — и по качеству, и по стоимости. Поэтому диапазон цен на диски со стекло-сеткой достигает четырехкратного уровня при соответствующей разнице в качестве и возможных рисках при использовании.

Каждый из этих параметров оказывает существенное влияние на качество отрезных кругов. На серьезных сертифицированных предприятиях одновременное отклонение от нормы нескольких показателей приводит, как правило, к отбраковке всей партии продукции еще на стадии приемочного контроля. К сожалению, в большинстве случаев несоответствие требуемым параметрам выявляется уже при эксплуатации или испытаниях кругов.

Результирующими всех вышеперечисленных параметров являются стойкость круга и скорость резания. Однако, как показывает опыт, они порой взаимоисключающие — рост одной из характеристик нередко ведет к ухудшению другой. Поэтому по отдельности ни стойкость, ни скорость резания не могут служить критерием качества отрезного круга.

И при определении их эксплуатационных характеристик необходимо учитывать, что наиболее достоверные результаты могут быть получены только в специально оснащенной испытательной лаборатории (см. фото).



ДСТУ ГОСТ 21963:2003 предусмотрен «коэффициент резания», который более корректен для общей оценки:

**Коэффициент резания К** — это отношение площади поперечного сечения разрезанной заготовки к площади изношенной части круга, при срабатывании отрезного круга до диаметра 0,75 от начального. Его вычисляют по формуле:

$$K = \frac{4S_3n}{\pi(D_k^2 - D_n^2)}$$

где  $S_3$  — площадь поперечного сечения разрезаемой заготовки, см<sup>2</sup>;  $n$  — количество произведенных кругом резцов;  $D_n$  и  $D_k$  — диаметр круга до и после резки, см.

Этот показатель отражает экономическую эффективность резания, расход кругов на выполнение определенных операций и может служить критерием для расчета общей потребности в инструменте. Его удобно использовать в качестве ключевого в ходе маркетинговых мероприятий. Однако если делать оценку только по износостойкости, то лучший результат покажет самый твердый круг (ЧТ-ВТ). Но он не режет, а скорее «облизывает» заготовку и для ведения интенсивного процесса резания с его использованием необходимы значительные физические усилия.

Парадокс, но при изготовлении очень твердых кругов производитель неплохо экономит и на связующих компонентах. Так что лозунг «чем дешевле связующее, тем выше жесткость круга» отражает реальную картину.

#### Справка

Структурно отрезной круг состоит из трех основных частей. Две из них понятны — абразивное зерно и связующее. Режущий элемент и состав удерживающий его на основе. Третья — это поры, то есть пустоты. Они выполняют ту же функцию, что и промежутки между зубьями напильника — они предназначены для удаления снятого материала из зоны резания. Процесс резания осуществляет только шлифзерно, которое при износе должно замещаться следующим, то есть постоянно должен происходить процесс «самозатачивания» круга. Механизм удаления затупившихся зерен предусматривает несколько вариантов:

- локальное выгорание органического связующего под действием сил трения и повышенной температуры в зоне резания, с выкрашиванием абразива;
- механическое ударное удаление зерна с усилием, превышающим силы сцепления их со связкой.

В отрезных кругах на бакелитовой связке предпочтителен термический механизм удаления затупившихся зерен. Поэтому в его конструкции должно быть все сбалансировано: прочность абразива, термостойчивость и адгезионная прочность связующего, количество пор, служащих для отвода продуктов резания. Нарушение этого баланса приводит к потере стойкости или к снижению режущей способности круга.

**Скорость резания или производительность** в упрощенном варианте можно принять как время, необходимое для выполнения конкретной операции. В промышленности эта величина ранее нормировалась и являлась основной для расчета трудоемкости. Учитывалось машинное и вспомогательное время. Если в расчете общей себестоимости операции цена инструмента составляла до 5%, ею можно было прене-

бречь. На производство отрезные круги отбирались по принципу высокой производительности и качества реза. В современных условиях, особенно для малых и частных предприятий, очень важным показателем является стоимость инструмента. Также при резке (особенно большими кругами) с использованием ручных машин, серьезную роль играет качество инструмента и его скорость резания из-за физических усилий, которые необходимо прилагать в ходе выполнения работы. При использовании кругов малого диаметра (125 мм и менее) эти моменты менее очевидны.

Таким образом, объединить стойкость и производительность круга в какую-то единую величину также не представляется возможным — не существует единого параметра, который можно было бы принимать за основу. Каждый конечный потребитель определяет его для себя сам. Для всесторонней оценки необходимо учитывать не только цену самого круга, но и другие экономические составляющие — оплату труда, затраты времени на выполнение технологической операции. При этом следует учитывать, что наиболее производительные круги могут иметь не слишком высокий эксплуатационный ресурс, что подразумевает увеличение общих расходов на инструмент. Так что выражение «этот круг лучше того» не имеет смысла без определенных оговорок, по какому же именно параметру он лучше.

Одним из последних достижений в области производства отрезных кругов является новая 3S technology, разработанная для стран Европейского Союза.

Ключевые характеристики отрезных кругов, изготовленных по 3S technology

- Speed** — скорость резания,
- Smooth** — сохранение точности реза,
- Safe** — надежность.

**S — Быстрый и эффективный рез** — критерий, который оценят все профессионалы, постоянно работающие с отрезными кругами. Он обеспечивается путем следующих технологических решений:

- ♦ использование глубокопрокаленных и специальных высокостойких электрокорундов (разрушаемость < 40%); крупнокристаллического карбида кремния с высокой абразивной способностью, в соответствии с ISO 8486–1:1996.
- ♦ подбор оптимальной зернистости из ряда F24 ...F60 для каждого типоразмера круга, для обеспечения максимальной режущей способности.
- ♦ применение метода комплексной зернистости из ряда F24-F60, позволяющей отрезному кругу работать в режиме устой-

чивого самозатачивания, и с низкими тепловыми нагрузками;

- ♦ использование уникальных запатентованных составов активных наполнителей, не содержащих канцерогенов, позволяет уменьшить тепловыделение в зоне резания, снизить температуру деструкции полимерной композиции и повысить общую стойкость кругов.

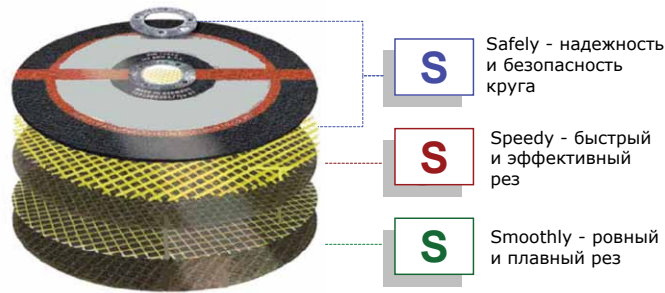
Пользователи получают преимущество в работе за счет:

- ♦ снижения усилия резания;
- ♦ увеличения скорости резания;
- ♦ снижения общей нагрузки на обрабатываемый инструмент, что повышает его долговечность.

**S — ровный и плавный рез:**

- ♦ равномерное распределение абразивного материала в сочетании с точностью геометрических размеров, что исключает вибрации в процессе резания. Все круги соответствуют классу точности AA.
- ♦ развитой микрорельеф боковой поверхности, создаваемый путем использования плит с эластомерами при формовании кругов. Это позволяет значительно снизить силу трения инструмента о поверхность реза.
- ♦ отсутствие торцевого биения, что также снижает трение боковых поверхностей и по-

**3S technology**



вышает эффективную мощность процессов резания, а также исключает «косой рез».

**S — надежность:**

- ♦ использование инновационных модифицированных фенольных смол обеспечивает высокую прочность и стойкость;
- ♦ баланс плотности стеклосетки (в диапазоне от 75 до 320 г/м<sup>2</sup>), толщины и зернистости круга гарантирует его безопасную эксплуатацию, без снижения режущей способности, снижает концентрацию пыли в зоне резания.
- ♦ точность геометрических размеров соответствует стандартам ISO 603-15-99, ISO 603-16-99 и исключает перекося круга

по толщине, эксцентриситет и дисбаланс.

Используя отрезные круги, разработанные по данным технологиям, пользователи получают:

- ♦ уверенность в соответствии реальных технических характеристик, заявленным;
- ♦ гарантию того, что в процессе эксплуатации круг не рассыплется, не перегреется, обеспечит требуемые производительность и эффективность.

**В заключение, необходимо отметить, что профессиональная серия отрезных кругов, созданная по 3S technology для стран Европы, в ближайшее время появится и на украинском рынке.**

■ **ВЫСТАВКА**