

## ИСПЫТАНИЕ ЗУБКОВ, АРМИРОВАННЫХ ТВЕРДЫМ СПЛАВОМ ДЛЯ ТЯЖЕЛЫХ ВРУБОВЫХ МАШИН.

*В. И. Строкопытов.*

Как известно, производительность врубовой машины определяется площадью вруба, произведенного машиной за некоторый отрезок времени. В зависимости от единицы, принятой в исчислении времени, различают часовую, сменную и суточную производительность машины; если на суточную производительность влияет в основном система организации работ на данной шахте, то сменная (часовая) производительность в огромной мере является функцией общей налаженности работы машины, степени приспособленности ее к данным местным условиям и умения обслуживающего персонала найти оптимальный, в данных условиях, эксплуатационный режим машины. Показателем эксплуатационных качеств машин естественно может служить только ее сменная производительность. Отбрасывая все побочные операции, связанные с обслуживанием машины, можно определить и ее сменную производительность.

$$A = hv_1 (T - t_1 - t_2),$$

где  $A$ —сменная производительность в  $m^2$ ;  $h$ —глубина вруба в метрах;  $v_1$ —скорость подачи машины в  $m/час$ ;  $t_1$ —продолжительность операции по смене износившихся зубков в час (простои),  $T$ —общее время работы в смену;  $t_2$ —прочие простои машины (перестановка стойки, перетяжка кабеля и т. д.)

При зарубке на крепких пластах угля износ зубков столь значителен, что операции по смене затупившихся зубков отнимают до 50% времени  $T$ , а это естественно ведет к соответствующему снижению производительности. Кроме этого, истирание зубков во время работы является основной причиной, ухудшающей режим работы всех частей врубовой машины.

Износ зубка  $\lambda$  (рис. I), т. е. линейное укорочение по оси его (определяющий при данном профиле зубка рост торцевой части площадки  $F_T$ ) пропорционален крепости угля  $K$ , длине пройденного зубком пути  $L$  (путь трения) и обратно пропорционален качеству материала зубка (прочность на истирание  $K_1$ ).

Таким образом:  $\lambda = \frac{kL}{k_1}$  и длина пройденного зубком пути выразится формулой:

$$L = \frac{Hh}{b} \cdot \frac{l}{l_1},$$

где  $H$  — длина зарубки в погонных метрах,  $h$  — глубина вруба,  $b$  — глубина стружки,  $l_1$  — длина режущей цепи,  $l$  — расстояние между зубками одного и того же положения в режущей цепи. Тогда

$$\lambda = \frac{kHh}{bk_1} \cdot \frac{l}{l_1} = \frac{c}{bk_1}.$$

Отсюда следует, что износ зубка при прочих равных условиях можно уменьшить увеличением глубины стружки  $b$ . Это можно осуществить двумя путями: увеличением скорости подачи машины  $v_2$  и уменьшением скорости режущей цепи  $v_1$ , ибо

$$b = \frac{lv_2}{v_1}.$$

Другой путь уменьшения износа зубка — это улучшение качества материала зубка, т. е. увеличение прочности его на истирание. В этом направлении решающую роль сыграло применение твердых сплавов.

Многочисленные работы по испытании зубков с твердыми сплавами показали, что стойкость зубка, защищенного твердым сплавом, во много раз выше стойкости стальных зубков, повышаясь в отдельных случаях до 50 раз. Зубки с твердыми сплавами, будучи стойкими в отношении истирания, работают гораздо дольше и тем сильно снижают величину простоев  $t_1$ , увеличивая время чистой работы машины ( $T - t_1 - t_2$ ). Вследствие особых условий, в которых протекает работа врубовой машины и конструктивных особенностей этой машины, указанное свойство твердых сплавов дает следующие результаты:

1. Уменьшение потерь на трение в режущей цепи врубовой машины.

2. Уменьшение натяжения ведущего каната и мощности, расходуемой на подачу машины.

3. Улучшение качества энергетического баланса машины.

4. Уменьшение простоев на смену зубков в подбор, что, помимо увеличения производительности, ведет к облегчению режима работы мотора, к уменьшению кратковременных пусков двигателя, вызывающих подгорание контактов контроллера, к устранению ряда причин, вызывающих общее расстройство машины.

5. Уменьшение напряжений во всех частях машины, уменьшение усилий, вызывающих разрывы в режущей цепи, износ

кулачков, направляющих бара и т. д., что ведет к увеличению срока амортизации машины.

6. Работа с зубками из твердых сплавов оказывается гораздо экономичнее работы со стальными зубками, требуя вследствие пониженного расхода зубков меньше металла, и улучшает условия труда бригады, обслуживающей машину, путем устранения необходимости транспортирования к месту работы больших количеств зубков.

За последнее время в качестве наплавки зубков врубовой машины применяют твердые сплавы типа стеллитов, в основе которых лежат химические соединения углерода с вольфрамом, хромом, марганцем, железом и другими элементами (карбиды), которые обладают высокой сопротивляемостью истиранию. Наибольшее применение нашли твердые сплавы типа сталинит, сормайт, победит, вокар и др.

Эксплуатация зубков с наплавленным твердым сплавом показала большое их преимущество. Но наряду с этим практика показала, что применение твердых сплавов сталинита и победита в настоящее время не разрешает полностью задачу с получением зубков надлежащего качества.

Быстро развивающееся стахановское движение в угольной промышленности и переход шахт на строго циклический метод работы встретило на своем пути немало препятствий. Одним из таких препятствий являются зубки врубовых машин. Частые простои врубовой машины для смены затупившихся зубков ломают распорядок работы в лаве, выбивают бригады из графика и т. д.

Для преодоления этого препятствия Гормашпроектом было предложено изготавливать зубки, армированные крошкой победита. Данное предложение еще в производственных условиях только опробуется и не нашло себе массового применения. Да и вряд ли скоро шахты Союза могут применять эти зубки в работе, так как для изготовления зубков, армированных крошкой победита, потребуется иметь большое количество контактных сварочных машин на шахтах, которыми они в настоящее время не располагают.

Автором, совместно с инженером Грозиным В. М., для шахт Кузбасса был предложен новый вид наплавки, который отличается от всех методов, применяемых в настоящее время и имеет целый ряд преимуществ перед ними.

Существенной особенностью предлагаемого вида наплавки является сплав, по физическим и механическим свойствам схожий со сталью Гадфильда. Этот сплав получается после расплавления железных электродов, покрытых обмазкой СГ, состоящей из компонентов, которые после расплавления в зоне вольтовой дуги вместе с проволокой и металлом зубка дают высокомарганцовистый металл.

Электроды с обмазкой СГ по внешнему виду представляют собой металлические прутки длиной 400 мм, диаметром 3—4 мм,

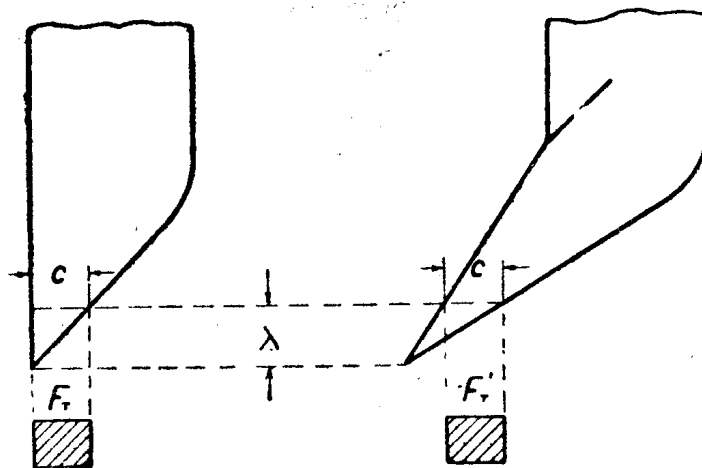


Рис. 1.

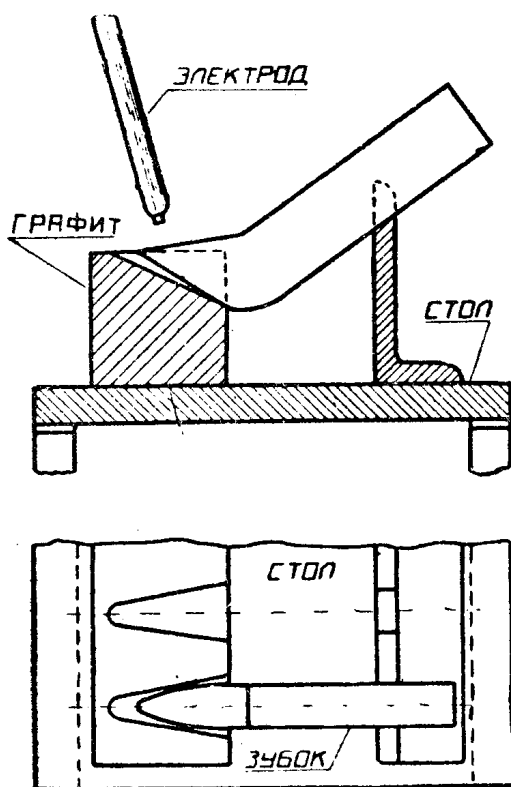


Рис. 2.

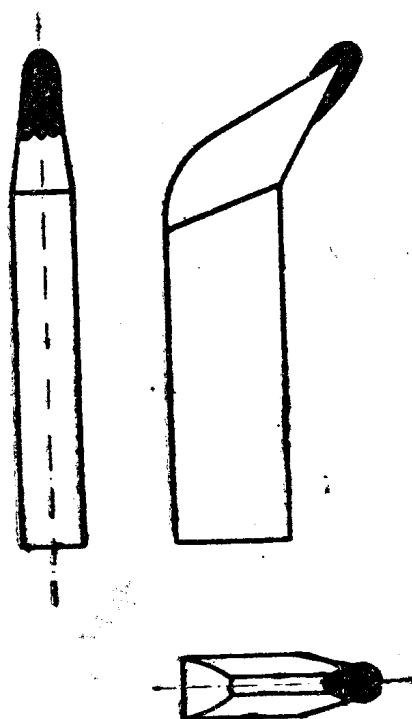


Рис. 3.

имеющие на длине 370 мм сплошной слой обмазки толщиной 0,8—1,2 мм.

В качестве прутков применяется проволока Белорецкого или другого завода, марок I и II по ОСТ—2407. Обмазка этих электродов состоит из следующих компонентов:

|                       |     |                     |        |
|-----------------------|-----|---------------------|--------|
| 1. Ферромарганец      | 800 | весовых частей, или | 63,2 % |
| 2. Графит серебристый | 145 | " "                 | 11,5 % |
| 3. Плавиковый шпат    | 50  | " "                 | 4,1 %  |
| 4. Мрамор белый       | 120 | " "                 | 9,4 %  |
| 5. Жидкое стекло      | 150 | " "                 | 11,8 % |

Обмазка типа СГ представляет собой газо-и шлакообразующее покрытие кислого типа. В покрытие введен лигирующий материал—ферромарганец.

Химический состав наплавленного металла электродами СГ представлен в таблице 1.

Таблица 1.

| С         | Мп        | Si        | Р     | S'    |
|-----------|-----------|-----------|-------|-------|
| 0.92—1.35 | 10.0—15.0 | 0.15—0.30 | 0.050 | 0.050 |

Твердость и износоупорность слоя, наваренного этими электродами, обеспечивается в нем до 1,35% углерода и 10—15% марганца. Твердость наплавки, определенная на приборе Бринелля, составляет 460—480 единиц. В процессе работы на истирание, поверхностный слой наплавленного металла наклепываясь получает твердость до 500 единиц по Бринеллю.

В отношении микроструктуры наплавка электродами с обмазкой СГ, представляет собой сочетание аустенитного поля, сложных карбидов железа и марганца и в некоторых случаях продуктов распада ледобуритной эвтектики.

Электроды с обмазкой СГ расплавляются по методу Славянова. При работе ими предпочтительно пользоваться сварочными машинами постоянного тока. Однако не исключена возможность пользоваться трансформаторами переменного тока, в особенности при включении в сварочную цепь осциллятора.

В зависимости от диаметра проволоки электрода при работе на машине постоянного тока следует придерживаться следующих величин силы тока: при диаметре электрода 4 мм—160—180 А и при диаметре 5 мм—190—200 А. При работе на переменном токе сила тока вольтовой дуги должна быть равна:

$$A = 50 d,$$

где  $A$ —сила тока в амперах,  $d$ —диаметр проволоки электрода в миллиметрах.

Зубок тяжелой врубовой машины типа Горловского завода оплавляется электродами СГ. Зубок, подлежащий наварке, должен быть заправлен на Суливановском оправочном станке. Поверхность конца зубка, предназначенная для наплавки, должна быть зачищена от грязи, окалины, масла и т. д. до металлического блеска.

При наплавке зубок должен быть установлен таким образом, чтобы поверхность верхней грани приняла горизонтальное положение. Для этого зачищенные зубки помещаются в многоместные угольные или графитовые формы рис. 2. Гнезда в формах делаются с таким расчетом, чтобы поверхность верхней грани приняла горизонтальное положение.

Наплавку следует начинать с острой части и двигаться к утолщенной части зубка. Электрод при этом устанавливается под углом в  $10-15^\circ$  к вертикали, наклоненным верхним концом слева направо (если смотреть с правой стороны от сварщика).

Скорость движения электрода в процессе наварки должна быть такой, чтобы под электродом постоянно поддерживалась ванночка расплавленного металла, а также чтобы была необходимая глубина провара и толщина наплавляемого слоя. Скорость движения электрода около носка зубка должна быть несколько больше, чем в утолщенной части зубка. Наплавка зубка должна быть выполнена так, как указано на рис. 3.

После окончания наплавки зубка его надлежит положить для медленного охлаждения в сухой песок или золу. При очень быстром охлаждении наплавка получается менее твердая и с образованием мелких, для глаза невидимых, трещин, которые ухудшают качество наваренного слоя.

Для получения острого конца зубка и режущих граней, после наплавки, задняя часть его подвергается механической обработке (заточке) алундовыми или карборундовыми кругами. Верхняя грань зубка не обрабатывается. Заточенный зубок имеет вид, показанный на рис. 4.

Одним электродом с обмазкой СГ наплавляется 30 зубков. В смену сварщик средней квалификации наплавляет до 1000 зубков. Стоимость одной тонны электродов с обмазкой СГ, при кустарном их изготовлении, составляет 1256 рублей. Из одной тонны выходит электродов диаметром 4 мм—22600 штук. Всего этими электродами можно наплавить 67800 зубков.

Предварительные опыты в лабораторных условиях и на шахтах 9/15, 5/7, треста Анжероуголь и Кузбассугля показали, что зубки с наплавкой СГ, по крайней мере в 8 раз изнosoустойчивее, чем зубки Горловского завода и в три раза больше, чем зубки Горловского завода, наплавленные сталинитом.

По заданию Главугля Востока нами, совместно с Научно-Исследовательским Угольным Институтом Кузбассугля, проведены длительные испытания зубков с наплавкой СГ и для сравнения зубки, наплавленные сталинитом, чугуном, армированные пластинками победита, а также не армированные. Испытания

проводились на шахтах: им. С. М. Кирова, Журинка 3, им. Ем. Ярославского, треста Ленинуголь, Кузбасскомбината.

Более детальные испытания проводились на шахте имени С. М. Кирова на Серебренниковском и Мейеровском пластах. Уголь повышенной твердости с отдельными включениями сернистого колчедана.

Зубки устанавливались на машины ДТК—2, с мотором в 22 к $\varpi$ , скорость передвижения машины устанавливалась в 54 и 72 метра/час. Скорость резания от 2,15 до 2,40 мет/сек. Длина лав, где проводились испытания, от 135 до 195 метров, мощность пласта угля от 1,15 до 1,85 м, угол падения от 10° до 15°. Работа машин тщательно хронометрировалась, специально поставленными хронометражистами. Всего было испытано зубков:

1. Горловского завода им. С. М. Кирова обычные 150 штук
2. Горловского завода, наваренные сталинитом с одной стороны . . . . . 400 штук
3. Горловского завода, наваренные сталинитом с двух сторон . . . . . 406 штук
4. Горловского завода, наваренные чугуном . . . 380 штук
5. Горловского завода с наплавкой СГ . . . . . 876 штук
6. Армированные пластинками победита . . . . . 28 штук

Зубки Горловского завода были изготовлены из стали марки 6 и закалены в масле.

Зубки, армированные пластинками победита, получены с завода № 3, основные размеры и форма их показана на рис. 5.

Чугун для наплавки зубков был специально нами подобран (1). Его химический состав указан в таблице 2.

Таблица 2.

| С         | Mn        | Si        | S'        | P         |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| 0.50—2.00 | 0.50—0.60 | 15.0—20.0 | 0.30—0.40 | 0.50—0.70 |

Чугуном оплавлялась как тыльная, так и лобовая сторона.

Форма и размеры зубков с наплавкой СГ с двусторонней наплавкой сталинитом и чугуном показаны на рис. 6.

Объем настоящей статьи не позволяет остановиться на отдельных результатах сравнительных испытаний всех испытуемых типов зубков, диаграммах и других данных, поэтому можно ограничиться данными, приведенными в таблице 3, где сведены следующие показатели:

1. Количество испытуемых зубков.

2. Удельный расход зубков на 1 м<sup>2</sup> зарубленной площади, который получается от деления количества изношенных за время зарубки зубков на подрубленную площадь (при одних и тех же условиях).

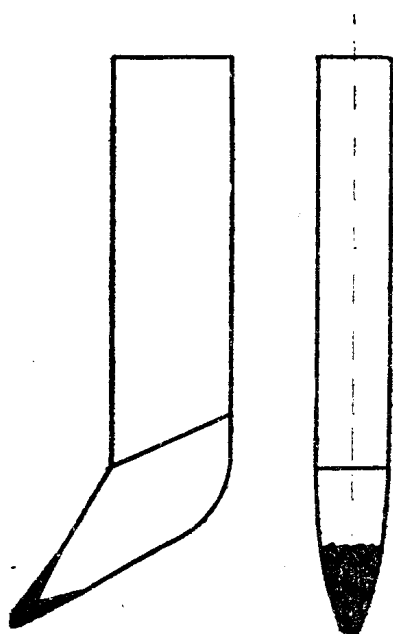


Рис. 4.

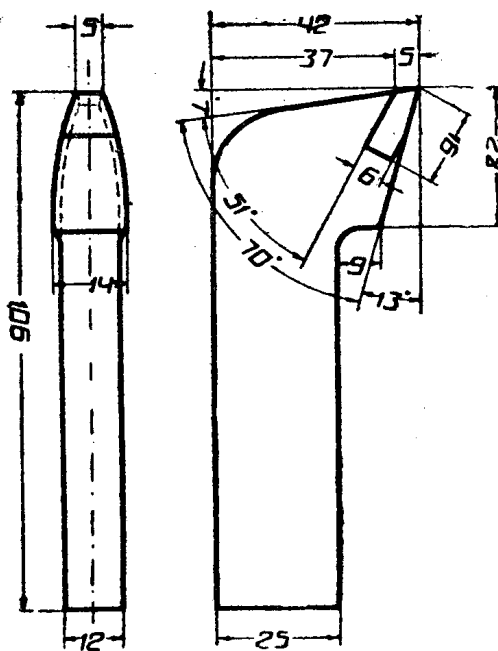


Рис. 5.

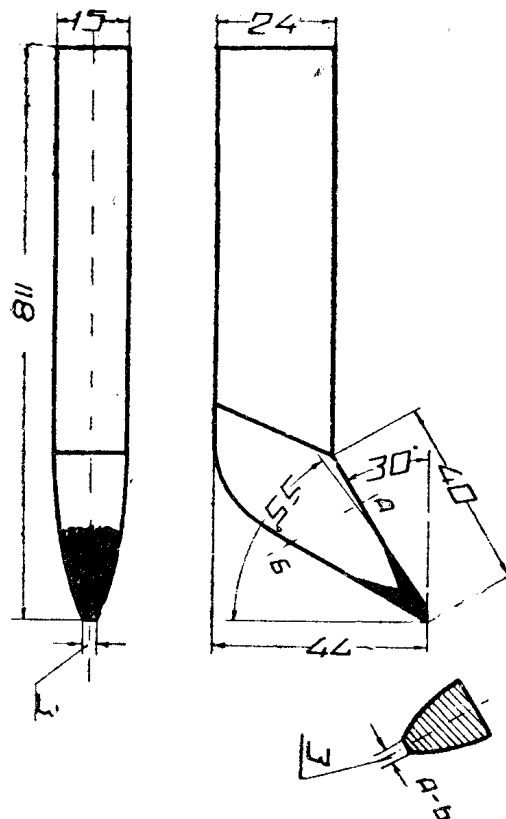


Рис. 6.

3. Удельный расход зубков в процентах. За 100% взята работа зубков с напайными пластинками победита.

4. Средняя скорость продвижения машины, которая получается от деления количества подрубленных погонных метров на чистое время зарубки.

5. Общая или коммерческая скорость продвижения машины, которая получается от деления количества подрубленных погонных метров забоя на чистое время зарубки, плюс время на смену зубков.

Таблица 3

| З у б к и                                                     | Количество |                                         |                                        | Удельный расход зубков на 1 м <sup>2</sup> /шт. | Удельный расход зубков в % | Скорость продвижения машины в метр/минуту |              |
|---------------------------------------------------------------|------------|-----------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------|-------------------------------------------|--------------|
|                                                               | Зубков     | Подрублено м <sup>2</sup> всеми зубками | Подрублено м <sup>2</sup> одним зубком |                                                 |                            | Средняя                                   | Коммерческая |
| Горловского завода, обычные . .                               | 150        | 108                                     | 0.72                                   | 1.40                                            | 1167                       | 0.237                                     | 0.191        |
| Горловского завода, наваренные сталинитом с одной стороны . . | 400        | 1520                                    | 3.80                                   | 0.26                                            | 216                        | 0.461                                     | 0.376        |
| Горловского завода, наваренные сталинитом с двух сторон . .   | 406        | 2034                                    | 5.01                                   | 0.20                                            | 166                        | 0.495                                     | 0.402        |
| Горловского завода, наваренные чугуном . . . .                | 380        | 1527                                    | 4.02                                   | 0.25                                            | 208                        | 0.478                                     | 0.380        |
| Горловского завода, с наплавкой СГ . . . . .                  | 876        | 5694                                    | 6.50                                   | 0.15                                            | 125                        | 0.585                                     | 0.535        |
| Армированные пластинками победита . . . . .                   | 28         | 213                                     | 7.6                                    | 0.12                                            | 100                        | 0.610                                     | 0.596        |

Наши испытания показали, что зубки неармированные Горловского завода очень неустойчивые в работе, дают большой удельный расход на один подрубленный метр угля. Кроме того, что эти зубки быстро истираются, они также очень часто ломаются. Это происходит благодаря тому, что неармированные зубки при сработанном конце принимают на себя большие удельные давления, а также и потому, что существующая форма зубков не совсем правильно выбрана.

Быстро срабатывающиеся зубки не прорубают достаточной зарубной щели, что вызывает заклинивание бара и ухудшение режима работы машины. А отсюда, как следствие, производительность врубовой машины падает.

Зубки, наплавленные сталинитом с одной стороны, в работе также дают не совсем удовлетворительные результаты. Эти зубки обладают следующими существенными недостатками:

1. Количество подрубленного угля достигает (при средней скорости резания) 50—60 погонных метров, после чего наплавка сталинита истирается и зубок должен быть заменен новым;

2. Очень часто наплавка зубка сталинита, при подрубке угля, отскакивает от тела зубка и тогда машинист врубовой машины вынужден останавливать машину, ибо сильно греется мотор, так как работа машины происходит, по существу, с тупыми зубками;

3. Наварка сталинита производится таким образом, что не дает возможности получить правильной режущей грани. Заточивать же зубки с такой наплавкой нельзя, ввиду того, что сталинит при заточке теряет свои физические свойства (главным образом твердость). А поэтому при работе с такими зубками происходит не подрезка угля, а его смятие. Вследствие этого врубовая машина вынуждена работать в очень тяжелых условиях, особенно это сильно сказывается на работе мотора.

4. Как показывают наши исследования, а также опыты других авторов, проводивших испытания в Донбассе, зубки работают, главным образом, своей тыльной частью и торцевой, передняя грань в работе участия не принимает, следовательно, наплавка сталинитом передней грани зубка не предохраняет его от быстрого истирания.

Довольно хорошие результаты в работе дают зубки, наплавленные сталинитом с двух сторон. Удельный их расход составляет  $0,20 \text{ зуб/метр}^2$ . Скорость продвижения машины при этом составляет 0,495 метров в минуту. Нужно отметить, что изготовление зубков с двусторонней наплавкой достаточно представляет хлопот. Сварщик высокой квалификации за смену наплавляет таких зубков не более 200 штук, что сильно удорожает стоимость таких зубков.

Очень хорошие результаты показывают в работе зубки, армированные пластинками победита. Их удельный расход составляет всего  $0,12 \text{ зуб/метров}^2$ . Это в 11 раз меньше, чем для зубков неармированных и в два с лишним раза, чем для зубков с двусторонней наплавкой сталинитом. Но, несмотря на то, что зубки, армированные пластинками победита, показывают такие результаты, применение их сейчас не может быть вследствие того, что эти зубки обладают целым рядом недостатков. Эти зубки обладают следующими основными недостатками:

1. На твердых пластах угля напайные пластинки победита очень быстро выкрашиваются.

2. Очень часто пластинки победита отлетают от тела зубка, ввиду того, что припой не обеспечивает достаточной прочности приварки.

3. При движении режущей цепи в сторону, обратную направлению резания, в случае заштыбовывания врубовой щели, имеет место случай почти 100% отскакивания пластинок твердого сплава.

4. Технология изготовления зубков с напайными пластинками довольно сложна и не может быть скоро освоена отдельными шахтами.

5. Стоимость зубков с напайными пластинками победита очень высокая (зубок, армированный пластинкой победита, стоит 15 рублей), что экономически не выгодно. В наших испытаниях партии зубков в 28 штук нехватило для того, чтобы полностью подрубить лаву угля в 175 метров.

Очень хорошо в работе показали себя зубки с наплавкой СГ. Удельный расход этих зубков составляет всего 0.15 зуб/метр<sup>2</sup>. Ввиду того, что зубки значительно устойчивее, чем зубки с наплавкой сталинитом и чугуном, производительность врубовой машины повышается значительно. При испытании очень часто одним комплектом зубков подрубалась лава в 175 метров. Вообще зубки с наплавкой СГ, по сравнению с другими зубками, имеют следующие преимущества:

1. Простота изготовления наплавки.
2. Стоимость наплавки комплекта зубков (30 шт.) не превышает 75 коп.
3. Не требуется для шахт особых капитальных затрат на внедрение зубков с наплавкой СГ.
4. Подрубка угля средней и повышенной твердости без смены зубков достигает 150—200 погонных метров.
5. Наплавленный зубок после затупления может быть переточен минимум три раза и пущен снова в работу.
6. Сокращается время на подрубку угля, так как отпадает время на частую смену зубков и остывание мотора.
7. Увеличивается скорость резания угля, так как зубки с наплавкой СГ при деформации (во время резания) делаются более устойчивыми и хорошо противостоят износу.

Хорошо зарекомендовавшие себя зубки с наплавкой СГ дали основание шахтам треста Ленинуголь, Кузбасс комбината, перейти целиком на работу врубовых машин с зубками данного типа. Кроме того, что зубки с наплавкой СГ дают небольшой удельный расход их, они экономически также очень выгодны. Об этом говорит такой факт: на шахте им. С. М. Кирова, где работает до 20 тяжелых врубовых машин, применение только зубков с наплавкой СГ дает до 25000 рублей экономии по прямым расходам (стоимость материала зубка, стоимость наплавки, рабсила, производственные расходы по изготовлению зубка).

### Заключение.

Из приведенных результатов испытаний зубков с наваркой твердого сплава для врубовых машин видно, что на сегодняшний день самые лучшие результаты показали зубки с двусторонней наваркой электродами СГ, второе место занимают зубки, наплавленные сталинитом. Самые худшие результаты дают обык-

новенные зубки Горловского завода им. С. М. Кирова, которые необходимо заменить армированными.

Зубки с напайными пластинками победита, при существующей форме их, для работы по подрубке угля не могут быть применены.

#### Л и т е р а т у р а:

1. В. И. Строкопытов. Наплавка чугуном зубков врубной машины. Топливное Машиностроение, 1939 г., № 7.