

В.П. Маршуба, канд. тех. наук, Харьков, Украина  
В.И. Дрожжин, док. тех. наук, Харьков, Украина

### **ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ГЛУБОКИХ ОТВЕРСТИЙ ПУТЕМ ЗАТОЧКИ И ДОВОДКИ АЛМАЗНЫМ ИНСТРУМЕНТОМ**

In this article are considered the results of investigation: how the surface smoothness, obtaining after grinding and smoothing by synthetic diamond abrasive tool, influence on cutting tool life, if this cutting tool have been made of quick-cutting steel. The obtained results allowed ascertaining the dependence of cutting tool life on surface smoothness.

Одной из технологических операций, направленных на стабильное повышение стойкости режущих инструментов из быстрорежущих сталей (особенно многолезвийных инструментов для обработки труднообрабатываемых материалов и цветных металлов) при обработке глубоких отверстий по безвыводной схеме, является алмазная доводка и чистовая заточка [5]. Эта технологическая операция повышает, стойкость режущего инструмента из быстрорежущей стали в 1,5...3 раза, по сравнению с аналогичной заточкой абразивными инструментами из монокорунда на бакелитовой связке, в зависимости от вида и способа заточки режущего инструмента, марки обрабатываемого материала, условий среза и транспортировки стружки из зоны резания.

Ранее для доводки многолезвийного режущего инструмента изготовленного из быстрорежущей стали для обработки глубоких отверстий по безвыводной схеме, использовали абразивные инструменты (круги) из монокорунда на бакелитовой связке и шлифовальные порошки из монокорунда и электрокорунда. Что вызывало вероятность появления прижогов при шлифовании инструментальных сталей абразивными кругами из электрокорунда или монокорунда зернистостью 25...40; чистота обработанной поверхности при этом была не выше 6...7-го класса.

С развитием производства синтетических алмазов для этой цели стали применять алмазные круги на органической, металлической и керамической связке, алмазные шлифовальные порошки. Алмазная доводка и заточка снижает количество остаточного аустенита в поверхностном слое режущего инструмента (по сравнению заточкой абразивными кругами из монокорунда на бакелитовой связке, и особенно, кругами из электрокорунда и доводкой шлифовальными порошками из тех же материалов). Алмазная доводка и заточка повышает чистоту передней ( $A\gamma$ ) и задней ( $A\alpha$ ) поверхности режущего инструмента в пределах 9...10-го класса чистоты, снижают

шероховатость поверхности и уменьшает биение зубьев, что особенно важно для многолезвийного режущего инструмента.

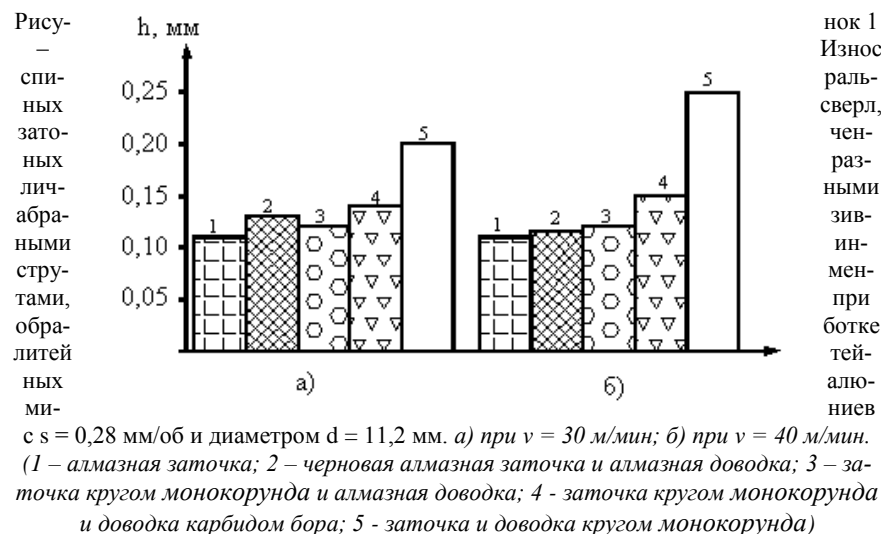
В настоящее время многолезвийные режущие инструменты для обработки глубоких отверстий все чаще изготавливаются из быстрорежущих сталей новых марок: молибденовых (Р6М3, Р6М5, и др.), ванадиевых (Р14Ф4, Р9Ф5 и др.), молибден-ванадиевых (Р6М5Ф2, Р6М5Ф3 и др.), кобальтовых (Р9К5, Р9К10 и др.) [2, 3], которые характеризуются плохой обрабатываемостью при шлифовании. При заточке и доводке многолезвийного режущего инструмента из быстрорежущей стали абразивными кругами и шлифовальными порошками из электрокорунда и монокорунда производительность обработки и качество передней ( $A\gamma$ ) и задней ( $A\alpha$ ) поверхностей невысоки. Кроме этого образуются прижоги поверхности и шлифовальные трещины, несмотря на обильное охлаждение смазывающе-охлаждающей технологической средой. Поэтому для снижения содержания остаточного аустенита в поверхностном слое, устранения прижогов передней ( $A\gamma$ ) и задней ( $A\alpha$ ) поверхности, шлифовальных трещин, обеспечения чистоты поверхностей рабочей части режущего инструмента до 9 класса чистоты и выше при заточке этих сталей следует производить сначала предварительную обработку абразивными кругами из монокорунда (электрокорунда или др.). Затем окончательную обработку передней ( $A\gamma$ ) поверхности (стружечные канавки) шлифовальными порошками из синтетического алмаза, после чего чистовую заточку по задней ( $A\alpha$ ) и передней ( $A\gamma$ ) поверхности (возле главной режущей кромки) абразивными кругами из синтетического алмаза.

С развитием производства и увеличением выпуска синтетических алмазов применение окончательной обработки режущего инструмента из быстрорежущих сталей предназначенного для обработки глубоких отверстий, резко расширилось. В настоящее время, большая часть выпускаемого режущего инструмента для обработки глубоких отверстий, подвергается доводке и чистовой заточке алмазными абразивными кругами на органической, металлических и керамической связках различных марок [4].

Применение абразивных кругов и шлифовальных порошков из синтетического алмаза в инструментальной промышленности обеспечило также освоение и выпуск таких прогрессивных многолезвийных быстрорежущих инструментов для глубокой безвыводной обработки отверстий, как мелко-размерный инструмент (сверла, развертки, метчики и др. диаметром 1...5 мм), изготовляемый методом вышлифовки стружечных канавок и т. д., при высокой чистоте передней и задней поверхностей инструмента.

Как показывают результаты отечественной и зарубежной практики и практических исследований, проведенных в разных условиях, при обработке глубоких отверстий в труднообрабатываемых материалах и цветных металлах, стойкость режущего инструмента из быстрорежущей стали, доведенного алмазными кругами и шлифовальными порошками, повышается в 1,5...2,5 раза, по сравнению со стойкостью инструмента, заточенного только

абразивными кругами из монокорунда или электрокорунда. Тогда как стойкость режущего инструмента из быстрорежущей стали, доведенного карбидом бора только в 1,3...1,5 раза (см. рис. 1), по сравнению с обработкой передней ( $A\gamma$ ) и задней ( $A\alpha$ ) поверхностей инструмента абразивными кругами из монокорунда. Так как вследствие заточки и доводки абразивным инструментом из синтетических алмазов, по сравнению с другими видами абразивного инструмента, не только улучшается качество передней ( $A\gamma$ ) и задней ( $A\alpha$ ) поверхностей сверл, главных и вспомогательных режущих кромок, но и значительно уменьшается биение зубьев режущего инструмента.



Эксплуатационные свойства режущих инструментов из быстрорежущей стали существенно зависят от качества поверхностного слоя, характеризующегося, в частности, количеством вторичного аустенита, которое зависит от химического состава инструментальной стали, ее исходной структуры и особенно от условий и режимов шлифования. Результаты проведенных экспериментов (см. рис. 2) показывают, что обработка абразивным инструментом из синтетических алмазов при тех же условиях что обработка абразивным инструментом из монокорунда или электрокорунда, снижает количество вторичного аустенита на 15...20% в поверхностном слое, что обусловлено снижением температуры в зоне резания и более мелкой фракцией абразивного материала.

В качестве абразивов для доводки передней ( $A\gamma$ ) поверхности режущего инструмента применяли алмазные шлифовальные порошки марок АС2

(АСО), АС4 (АСР), АС6 (АСВ) и АС16 (АСК), зернистостью 80/63, 100/80, 125/100, 160/125 (ГОСТ 9206-80). Для заточки задней ( $A\alpha$ ) поверхности режущего инструмента применяли алмазные шлифовальные круги марок АС4 (АСР) и АС6 (АСВ), зернистостью 100/80...125/100, на бакелитовой связке Б1 или металлической связке М. В качестве технологической среды для снижения вероятности появления прижогов и шлифовальных трещин, в системах охлаждения заточных и доводочных станков применяли смазывающе-охлаждающую технологическую среду на основе концентрата «Аквол-11М» (ТУ 38.101.932-83). Содержание концентрата «Аквол-11М» в рабочем растворе находилось в пределах 3...4,5%.

Доводка передней ( $A\gamma$ ) поверхности (стружечных канавок) режущего инструмента из быстрорежущей стали, производили на барабанной установке для вибрационного шлифования с ультразвуковой схемой обработки. Доводку передних ( $A\gamma$ ) поверхностей производили только при изготовлении режущего инструмента, в дальнейшем при проведении экспериментов по определению стойкости многолезвийного режущего инструмента ни каких работ по повышению качества передней ( $A\gamma$ ) поверхности инструмента не производили, шероховатость передних ( $A\gamma$ ) поверхностей в процессе проведения опытов не контролировали. При доводке применяли шлифовальный порошок из синтетических алмазов марок АС2 (АСО), АС4 (АСР), АС6 (АСВ) и АС16 (АСК) и электролит. При доводке снимали припуск по всей поверхности режущего инструмента, в пределах 0,03...0,05 мм и достигали шероховатость обработанной поверхности в пределах  $Ra = 0,16...0,04$  мкм. После доводки производили окончательную шлифовку и заточку рабочих поверхностей (ленточек, задних ( $A\alpha$ ) поверхностей и т.д.).

Чистовую заточку задней ( $A\alpha$ ) и передней ( $A\gamma$ ) поверхности (возле главной режущей кромки) режущего инструмента из быстрорежущей стали, производили на универсально-заточных станках моделей 3Д642Е и 3М642, с применением малой универсальной головки (см. рис. 3 и 4). Базирование режущего инструмента при чистовой заточке осуществлялось за хвостовик. Заточка осевого многолезвийного режущего инструмента выполнялась торцом круга 12V5 (А2ЧК), 12D5 (А4Т) или 12V5 (А3Т) по многопроходной схеме, в зависимости от вида обрабатываемой поверхности, со снятием основного припуска за 1...5 прохода и выхаживанием за 8...15 проходов.

При чистовой заточке снимали припуск 0,1...0,3 мм и достигали шероховатости обработанной поверхности  $Ra = 0,16...0,04$  мкм. Режимы резания при чистовой заточке были следующие: окружная скорость алмазного круга  $V_k = 30$  м/сек, продольная подача  $S_{пр} = 3...12$  м/мин, поперечная подача  $S_{поп} = 0,5...2$  мм/ход и глубина шлифования за один проход  $t = 0,01...0,06$  мм.

Состояние поверхностного слоя режущих инструментов из быстрорежущей стали после выполнения операций доводки и чистовой заточки оценивали по результатам измерения микротвердости на приборе ПМТ-3, по

количеству остаточного (вторичного) аустенита, измеряемого на установке УЗС-50И, а также микроструктурным анализом, по внешнему виду шлифовальной поверхности и протравленного кислотным раствором косого среза. Кроме того, измеряли шероховатость поверхности по задней ( $A\alpha$ ) и передней ( $A\gamma$ ) поверхности режущего инструмента на профилографе-профилометре «Калибр-ВЭИ».

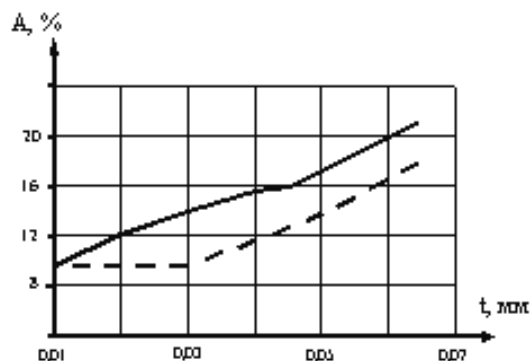


Рисунок 2 – Количество вторичного аустенита  $A$ , % в поверхностном слое быстрорежущей стали Р6М5Ф3 в зависимости от глубины  $t$  шлифования при чистовой заточке алмазными кругами (штриховая линия) и электрокорундовыми (сплошная линия). Окружная скорость круга  $V_K = 30$  м/сек, продольная подача  $S_{пр} = 3...12$  м/мин, поперечная подача  $S_{поп} = 0,5...2$  мм/ход и глубина шлифования за один проход  $t = 0,01...0,06$  мм.

Эксперименты по определению влияния чистоты передней ( $A\gamma$ ) и задней ( $A\alpha$ ) поверхности многолезвийного режущего инструмента из быстрорежущих сталей на его стойкость проводили на вертикально-сверлильном станке модели 2С132 Стерлитамакского станкостроительного завода и агрегатно-сверлильном станке модели АМ16239, изготовленном Минским заводом автоматических линий. Режимы резания для всех серий опытов, проведенных с использованием этих станков, были одинаковыми ( $V = 31,38$  мм/мин;  $S = 0,26$  мм/об.).

Охлаждение в процессе проведения экспериментов по определению стойкости многолезвийного режущего инструмента, осуществляется методом наружного полива, смазывающе-охлаждающей технологической средой на основе концентрата «Аквол-11М» (ТУ 38.101.932-83). Содержание концентрата «Аквол-11М» в рабочем растворе находилось в пределах 6...8 %.

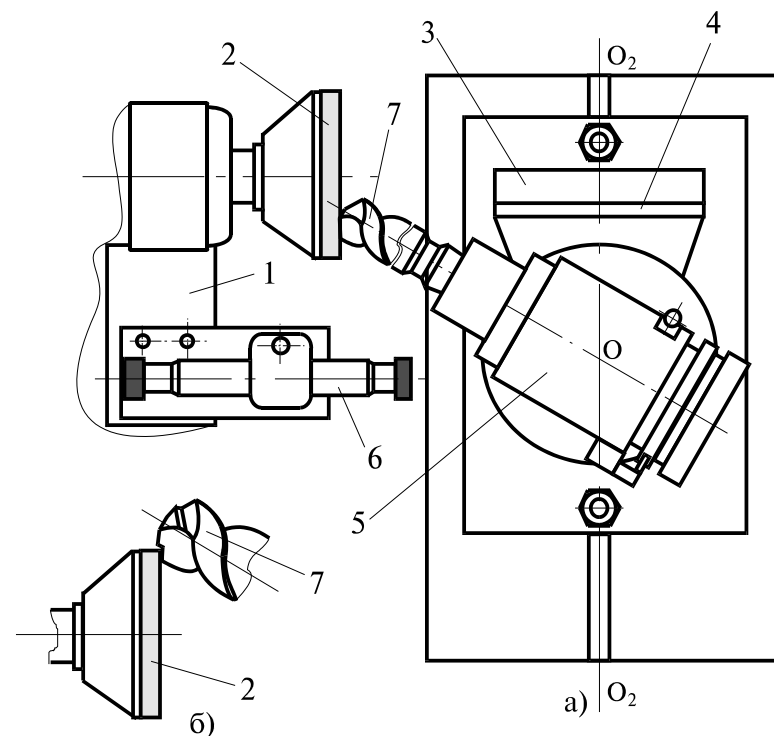


Рисунок 3 – Схема заточки заднего угла  $\alpha$  по плоскости  $A\alpha$  (а) и подточки по плоскости  $A\alpha_1$  (б): 1 – Станок; 2 – Шлифовальный круг; 3 и 4 – Кронштейны приспособления; 5 – Делительная головка; 6 – Микроскоп МИР-2; 7 – Сверло.

В ходе проведения опытов установлено, что на стойкость режущего инструмента из быстрорежущей стали при обработке глубоких отверстий, кроме чистоты поверхности, влияет адгезионное взаимодействие инструментального и обрабатываемого материалов в зоне резания и в зоне обработки [1]. Однако влияние адгезионного взаимодействия в первую очередь сказывается, на пакетирование стружки в стружечных канавках стандартных сверл, что в свою очередь сказывается на их стойкости режущего инструмента. Следовательно, критерием влияния сил адгезии при обработке литейных алюминиев можно принять стойкость инструмента при глубоком сверлении в количестве обработанных отверстий.

Из рисунка 1 видно, что эксплуатационные свойства (стойкость) режущих инструментов из быстрорежущей стали существенно зависят от качества поверхностного слоя, характеризуемого, в частности, количеством вторичного аустенита, которое зависит от химического состава инструментальной стали, её исходной структуры и особенно условий и режимов шлифова-

ния. Проведенные эксперименты по повышению стойкости многолезвийного режущего инструмента за счет повышения чистоты передней ( $A\gamma$ ) поверхности и анализ отечественной и зарубежной технической литературы по этому вопросу показал, что доводка передней поверхности ( $A\gamma$ ) стружечных канавок многолезвийного режущего инструмента, направлена на снижение механического взаимодействия инструментального и обрабатываемого материалов, а следовательно, увеличение стойкости режущего инструмента очень незначительно, в пределах от 3...5%. Связано это с тем, что рекомендуемая литературой полировка передней поверхности ( $A\gamma$ ) уменьшает не адгезионное взаимодействие, а механическое, т.е. уменьшает вероятность заклинивания небольших объемов приконтактного слоя обрабатываемого материала в микронеровностях поверхности инструмента. Следовательно, доводка алмазными шлифовальными порошками уменьшает величину микронеровностей, снижает вероятность заклинивания фрагментов обрабатываемого материалов, хотя полностью исключить его невозможно. В свою очередь это ведет к повышению стойкости инструмента.

Проведенные эксперименты по установлению закономерностей влияния чистовой заточки передней ( $A\gamma$ ) и задней ( $A\alpha$ ) поверхности режущего инструмента на его стойкость показали, что чистовая заточка направлена на снижение механического взаимодействия инструментального и обрабатываемого материалов в зоне контакта, а следовательно, увеличение стойкости режущего инструмента в пределах от 1,5...2,5 раза. Связано это с тем, что чистовая заточка передней ( $A\gamma$ ) и задней ( $A\alpha$ ) поверхности уменьшает не только адгезионное взаимодействие инструментального и обрабатываемого материалов, но и механическое. Следовательно, уменьшает вероятность заклинивания небольших объемов приконтактного слоя обрабатываемого материала в микронеровностях поверхности инструмента, за счет уменьшения величины микронеровностей, хотя полностью исключить его невозможно.

На основании выше изложенного, можно сделать выводы, что применение абразивного инструмента из синтетических алмазов для технологических операций по доводке и чистовой заточке многолезвийного режущего инструмента направленных на снижение шероховатости поверхности, дает значительный прирост стойкости инструмента. Увеличение стойкости многолезвийного режущего инструмента связано с уменьшением величины микронеровностей на поверхности инструмента, что в свою очередь снижает величину механической составляющей силы трения. Снижение механической составляющей силы трения вызвано тем, что уменьшение высоты микронеровностей уменьшило объем заклинивающих фрагментов обрабатываемого материала. Кроме этого, по той же причине, уменьшилось абразивное истирание передней ( $A\gamma$ ) и задней ( $A\alpha$ ) поверхности, что тоже повлияло на повышение стойкости многолезвийного режущего инструмента.

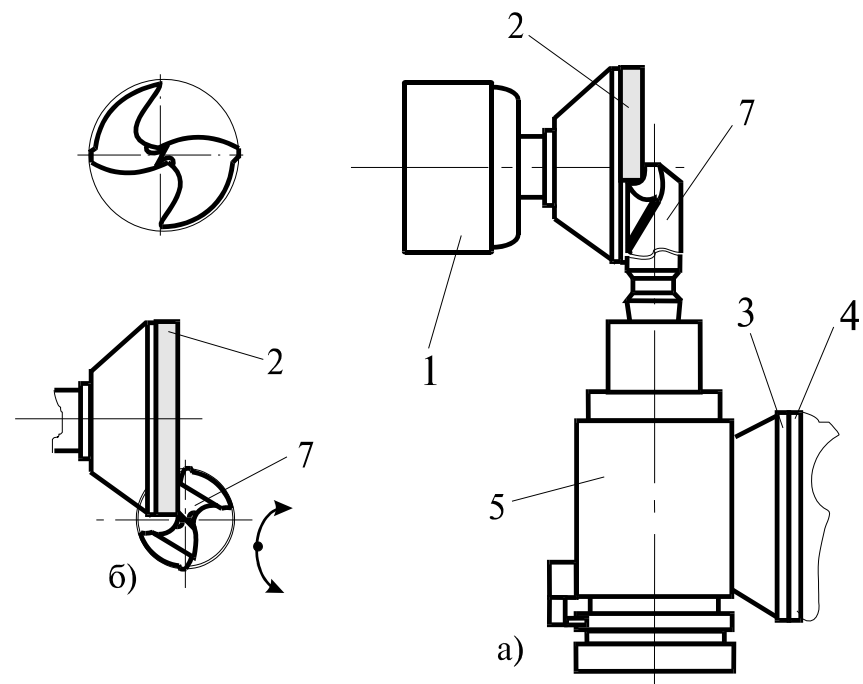


Рисунок 4 – Схема заточки переднего угла  $\gamma$  по плоскости  $A\gamma$  (а) и подточки перемычки (б). 1 – Станок; 2 – Шлифовальный круг; 3 и 4 – Кронштейны приспособления; 5 – Делительная головка; 6, 7 – Сверло.

**Список литературы:** 1. Маришуба В.П. Адгезионное взаимодействие быстрорежущей стали с литейными алюминиевыми сплавами. // Труды VII Междунар. семинара. 24 - 28 сентября "Высокие технологии в машиностроении: тенденции развития, менеджмент, маркетинг." - Харьков: ХГПУ, - 1997. - С. 185-187. 2. Геллер Ю.А. Современные инструментальные стали и перспективы их дальнейшего использования в инструментальном производстве. Общественный университет НТО Машпром. -М.; Машпром, 1960 г. 3. Зорев Н.Н. О взаимосвязи процессов в зоне стружкообразования и в зоне контакта передней поверхности инструмента. // Вестник машиностроения. - 1968. - №12. - С. 42-50. 4. Абразивная и алмазная обработка материалов. Справочник / Под ред. А.Н. Резникова. - М.; Машиностроение, 1977 г. 5. Попов С.А. Заточка и доводка режущего инструмента. - М.; Машиностроение, 1981 г.

Поступила в редколлегию 20.03.03