

# ВЛИЯНИЕ ШЛИФОВАНИЯ И ЗАТОЧКИ НА ИЗНОС ЛИТЫХ ФРЕЗ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

Ю.П. Хараев

Восточно-Сибирский государственный технологический университет, г.Улан-Удэ

Современные металлорежущие инструменты изготавливают из быстрорежущих сталей, твердых сплавов, керамики и сверхтвердых материалов. Во многих случаях режущая часть изготавливается в виде многогранных неперетачиваемых пластин. Однако быстрорежущий инструмент изготавливается цельным, что предполагает многократные переточки. Известно, что быстрорежущие стали, обладают лучшей обрабатываемостью при шлифовании по сравнению с более теплоустойчивыми и износостойкими твердыми сплавами и сверхтвердыми материалами [1]. На шлифуемость быстрорежущих сталей большое влияние оказывает ее химический состав, структура, фазовый состав. В наибольшей степени на износ абразивных зерен шлифовального круга влияет содержание карбидов, их тип, размеры и распределение. Вышесказанное особенно актуально для литого инструмента, полученного переплавом отходов инструментального производства. Литая структура быстрорежущих сталей характеризуется наличием развитой сетки ледебуритной эвтектики, которая представлена сложными карбидами типа  $M_6C$  и  $MC$ , определяющими высокую твердость и износостойкость инструмента. Методами электронной дифракционной микроскопии и рентгеноструктурного анализа установлено, что основным карбидом в исследуемых сталях является карбид  $M_6C$ , который имеет сложную ГЦК кристаллическую решетку и пространственную группу  $Fd3m$  [2]. На рис. 1 хорошо видны первичные карбиды  $M_6C$  имеющие так называемую «скелетеную» конструкцию, характерную для литых быстрорежущих сталей.

При оценке возможной доли карбида в быстрорежущих сталях следует иметь в виду, что предполагаемая конфигурация карбида  $M_6C$  находится между формулами  $Fe_3(W,Mo)_3C - Fe_4(W,Mo)_2C$  [3]. Иными словами, наряду с атомами вольфрама и молибдена в карбиде  $M_6C$  может находиться до 2/3 атомов железа от общего числа металлических атомов. Помимо этого, в карбиде  $M_6C$  могут растворяться атомы хрома и ванадия, которые замещают атомы железа.

Наличие в составе быстрорежущей стали карбидов вольфрама, молибдена и особенно

высокотвердых карбидов ванадия вызывает необходимость применять при шлифовании абразивные материалы повышенной твердости и прочности: высококачественный электрокорунд, монокорунд, хромтитанистый электрокорунд, эльбор. Наибольшую износостойкость и режущую способность при шлифовании быстрорежущих сталей имеет эльбор [ 1 ]. Известно [ 4 ], что в результате шлифования и заточки режущая способность инструмента может снижаться вследствие неблагоприятных изменений состояния поверхностного слоя рабочих поверхностей.

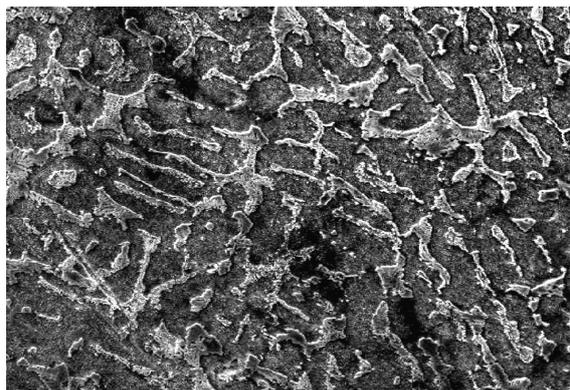


Рисунок 1 - Структура литой быстрорежущей стали P6M5 после отпуска. Изображение структуры, получено методом РЭМ.  $\times 500$

При изучении возможностей повышения эффективности инструмента из литой быстрорежущей стали представляется актуальным анализ изменений, происходящих в структуре поверхностного слоя при шлифовании, а также установление влияния этих изменений на стойкость инструмента. В связи с чем, возникает необходимость показать влияние условий заточки на состояние поверхностного слоя инструмента из литой стали с учетом специфики его структуры. С этой целью при затачивании исследуемых дисковых трехсторонних фрез из литой быстрорежущей стали P6M5 использовали шлифовальные круги из наиболее часто применяемых абразивных материалов – электрокорунда и эльбора. Электрокорунд изготавливается на базе оксида алюминия, эльбор – на базе кубического нитрида бора.

При исследовании влияния условий затачивания на режущую способность производился контроль за линейным износом по главной задней поверхности. На основании полученных результатов измерения величины линейного износа построены кривые износа зубьев фрез. Из рис. 2 следует, что кривые износа зубьев фрез, заточенных кругами из электрокорунда, располагаются выше кривых износа фрез, заточенных кругами из эльбора.

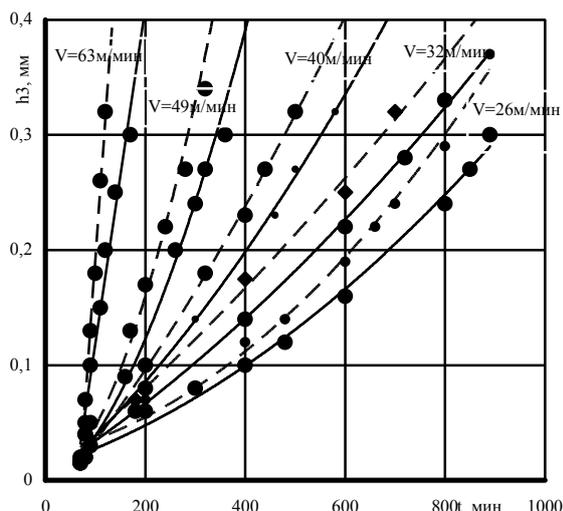


Рисунок 2 - Износ литых фрез после заточки эльбором (—) и электрокорундом (---)

Это объясняется различной интенсивностью изнашивания зубьев фрез вследствие различных условий затачивания. С увеличением

скорости резания кривые износа зубьев фрез, заточенных эльборовыми и электрокорундовыми кругами, несколько сближаются, что связано с уменьшением влияния состояния поверхностного слоя при высоких скоростях резания на интенсивность изнашивания. В таком случае, можно сказать, уменьшается доля влияния поверхностного слоя со структурой, измененной в результате воздействия абразивных материалов, на величину износа.

Важно отметить, что стойкость фрез, помимо условий затачивания, зависит также от метода получения инструмента.

Свойства литого инструмента во многом обусловлены структурой сформированной в зависимости от условий кристаллизации при различных методах литья. Помимо этого, на режущую способность инструмента существенное влияние оказывают методы формирования и состояние поверхностного слоя. К основным факторам, определяющим состояние поверхностного слоя режущей части инструмента, относятся режимы заточки и материал абразивных кругов.

Анализ результатов исследования фазового состава быстрорежущей стали свидетельствует о повышении остаточного аустенита в структуре поверхностного слоя после шлифования до 43% у деформированных быстрорежущих сталей, до 15% и 32% у литых в кокиль и жидкостекольные песчаные формы, соответственно. Результаты рентгеноструктурного анализа шлифованных образцов из литых и деформированных сталей приведены в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристика поверхностного слоя до и после шлифования

| Характеристика                                     | Сталь                  | До шлифования | После шлифования  |                          |
|--|------------------------|---------------|-------------------|--------------------------|
|  |                        |               | Эльборовым кругом | Электрокорундовым кругом |
| Количество остаточного аустенита, %                | деформированная        | 3-5           | 13                | 43                       |
|  | литая в кокиль         | 3-5           | 8                 | 17                       |
|  | литая в песчаные формы | 3-5           | 10                | 32                       |
| Макронапряжения $G, Па \cdot 10^7$                 | деформированная        |               | -15,0             | +72,0                    |
|  | литая в кокиль         | -             | -80,5             | +10                      |
|  | литая в песчаные формы |               | -19,5             | +50                      |
| Микронапряжения $\frac{\Delta a}{a} \cdot 10^{-3}$ | деформированная        | 2,5           | 3,2               | 2,0                      |
|  | литая в кокиль         | 2,8           | 4,1               | 3,9                      |
|  | литая в песчаные формы | 2,4           | 3,6               | 2,1                      |

Значительное повышение количества аустенита после шлифования деформированной стали кругами из электрокорунда связано с повышением температуры в зоне резания выше критической, вследствие пони-

женной теплопроводности стали и электрокорунда. При шлифовании литых сталей более высокое содержание остаточного аустенита отмечено у сталей, полученных литьем в жидкостекольные песчаные формы (до 32%).

## ВЛИЯНИЕ ШЛИФОВАНИЯ И ЗАТОЧКИ НА ИЗНОС ЛИТЫХ ФРЕЗ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

В данном случае это является следствием влияния структуры стали, которая характеризуется наличием весьма грубой сетки ледебуритной эвтектики. Судя по структурным изменениям, происходящим в поверхностных слоях рабочих поверхностей инструментов из деформированной и литой стали, после шлифования их имеет место вторичная закалка поверхностного слоя.

Аустенит, образующийся при вторичной закалке, распределяется крайне неравномерно вследствие локализации в определенных объемах деформирующего и термического воздействия абразивного круга при шлифовании. Именно в этих объемах имеет место растворение карбидов, что способствует повышению степени легированности аустенита и его стабилизации при охлаждении.

После шлифования электрокорундом распределение остаточного аустенита крайне неравномерно с преимущественным его расположением по границам блоков. Образовавшийся аустенит может легко наклепываться. Высокая температура в зоне резания, пластическая деформация, неравномерный теплоотвод, структурные превращения приводят к изменению напряженного состояния поверхностного слоя шлифованного инструмента. Процесс шлифования в зависимости от материала круга и инструмента создает различные по величине и знаку макронапряжения (табл. 1). Не исключена возможность явления «перенаклепа», приводящего к его

разупрочнению в процессе эксплуатации. Известно, что остаточный аустенит обладает склонностью к трещинообразованию и снижает механические свойства. Необходимо отметить, что глубина поверхностного слоя подверженного структурным изменениям не превышает 100-150 мкм. Исследования изменения твердости показали, что на глубине более 100 мкм значения твердости стабилизируются и соответствуют твердости основного металла. Изменения дефектного слоя в указанных пределах определяются видом и режимом шлифования во всем диапазоне скоростей резания. Износ фрез после заточки обусловлен изменениями в тонких поверхностных слоях режущей части, которые зависят от исходной структуры стали, материала абразива и режимов обработки.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Палей М. М., Дибнер Л.Г., Флид М.Д. Технология шлифования и заточки режущего инструмента. – М.: Машиностроение, 1988. – 288с.: ил.
2. Гурьев А.М., Хараев Ю.П. Теория и практика получения литого инструмента. - Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2005.-220с; илл.
3. Чернявский В.С. Стереология в металловедении. – М.: Металлургия, 1977. – 280с.
4. Ящерицын П.И., Еременко М.Л., Фельдштейн Е.Э. Теория резания. Физические и тепловые процессы в технологических системах. – Минск: Вышэйшая школа, 1990. – 512с.