

УДК 621.91.02:621.01

Г. Б. Бурдо, Ю. А. Стрельников

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ МЕТАЛЛОРЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА В ГЕОФИЗИЧЕСКОМ ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Проанализированы показатели эффективности эксплуатации металлорежущего инструмента. Показаны результаты производственных экспериментов по исследованию стойкости режущих пластин с многослойными покрытиями. Даны критерии экспресс-оценки работоспособности пластин и рекомендации по их эффективному использованию.

Ключевые слова: резание металлов, инструмент с многослойными покрытиями, стойкость режущего инструмента, критерии износа, эффективность.

Введение

Такие важнейшие показатели эффективности эксплуатации металлорежущего инструмента, как денежные затраты, отнесенные к единице времени обработки, штучная производительность за время службы инструмента, определяются тем, насколько полно используются возможности работы инструмента до наступления его физического износа.

В последние 8–10 лет большое распространение при металлообработке в производственных системах геофизического приборостроения получил режущий инструмент, оснащенный неперетачиваемыми твердосплавными и минералокерамическими пластинами с многослойными покрытиями (МП) фирм Sandvik, Iskar, Mitsubishi и ряда других [3]. Особенностью таких покрытий является то, что с их помощью решаются задачи придания дополнительной прочности режущей кромке, повышения износостойкости лезвия и теплостойкости инструмента. В качестве покрытия обычно используются мелкодисперсные слои нитрида титана или оксида алюминия толщиной от 0,5 до 7 мкм.

С целью изучения особенностей износа указанных режущих пластин и разработка рекомендаций по их эксплуатации были проведены соответствующие производственные исследования.

Особенности износа режущих пластин с МП

Как показал анализ опыта эксплуатации инструментов со сменными режущими пластинами с МП в ООО “Нефтегазгеофизика”, у них, в отличие от обычных инструментов из твердых сплавов и быстрорежущих сталей, практически отсутствует зона приработки, а удельный износ близок к инструменту, оснащенному искусственными алмазами.

Исследования позволяют сделать вывод, что интенсивность изнашивания режущей кромки токарных пластин в направлении выдерживаемого размера составляет 1–2 мкм на 1 км длины пути резания (рис. 1).

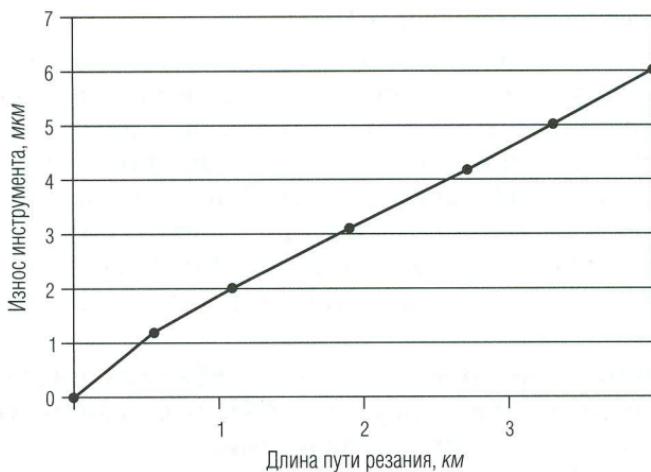


Рис. 1. Зависимость износа инструмента со сменными режущими пластинами с МП

Данные на графике приведены для обработки закаленной стали 40Х13 (28...32 HRC, скорость резания 85 м/мин, подача 0,25 мм/об, глубина резания 3 мм) пластинами CNMG 120408-PM 4015.

Полученные результаты позволяют констатировать, что режущие способности инструмента и его стойкость резко снижаются при нарушении целостности верхнего износостойкого покрытия. Также отмечено, что практически до состояния физического износа обеспечивается и размерная стойкость инструмента, что позволяет определить физический износ как критерий работоспособности пластин.

По мнению авторов, механизм износа инструмента с МП несколько отличен от традиционного, когда он во многом определяется "вырывом" материала инструмента при отделении "нароста". Износостойкость режущих пластин с МП вероятнее всего определяется деформационными процессами (усталостный износ), происходящими в пределах высоты микронеровностей покрытия, так как средство с обрабатываемыми материалами и интенсивное наростообразование при правильном подборе инструмента не наблюдаются.

С целью определения характера нарушения целостности верхнего износостойкого покрытия были выполнены исследования при различных видах обработки для сталей 30ХГСА (32...36 HRC) и 40Х13 (28...32 HRC). Использовались режущие пластины CNMG 190612-PR 4235 и R266.0G-16ММ01-200 1020.

Было установлено, что разрушение покрытия при продольном, поперечном точении и резьбонарезании сначала наблюдается на передней поверхности пластины, а на задней поверхности разрушение происходит уже при износе тела пластины. Износ покрытия происходит не только непосредственно по режущему лезвию, но и на некотором расстоянии от него по направлению вектора схода стружки или вектора скорости резания. Это позволило установить зоны покрытия, определяющие стойкость инструмента.

Определение критериев работоспособности инструментов, оснащенных пластинами с МП, и рекомендации по эксплуатации

Производственные исследования критериев проводились на стали 40Х13 твердостью 28...32 HRC ($\sigma_b > 900 \text{ MPa}$) и стали 12Х18Н10Т в наклепанном состоянии до твердости 26...30 HRC ($\sigma_b = 1050 \text{ MPa}$) при наружном и внутреннем точении пластинами с различными режимами резания в их допустимом диапазоне.

Эти стали относятся к нержавеющему классу и в целом отличаются неудовлетворительной обрабатываемостью в связи с повышенным износом инструмента и плохими условиями стружкообразования. В то же время они находят наиболее широкое применение в отечественном геофизическом приборостроении.

При изучении величины шероховатости покрытия до и после процесса резания было отмечено, что наибольшее ее изменение (увеличение

ние) и наибольший износ покрытия проявляются не на самом лезвии, а непосредственно за ним, что позволяет определить "критические" (с точки зрения стойкости) площадки пластин.

Анализ результатов исследования показал, что шероховатость поверхности покрытий пластин после резания имела тенденцию к увеличению, поэтому ее обеспечение в допустимых значениях на эксплуатируемом инструменте важно для его рационального использования.

Также установлено, что изменяющейся характеристикой покрытий, помимо шероховатости, является его толщина на передней грани.

При исследовании процесса износа токарных режущих пластин было выявлено, что их наиболее динамичными геометрическими характеристиками являются радиусы при вершине резца R_1 и скругления главной режущей кромки R_2 (рис. 2).

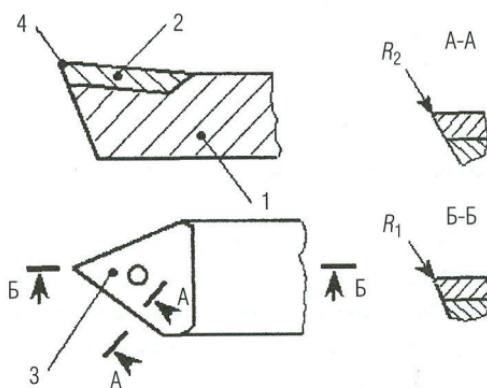


Рис. 2. Элементы токарного резца:

1 – державка резца; 2 – неперетачиваемая пластина; 3 – передняя граль; 4 – вершина резца

Активная динамика изменения указанных параметров объясняется, скорее всего, наиболее высокой силовой и температурной нагрузкой главной режущей кромки, вершины резца и передней грани в процессе резания.

Изменение радиуса R_1 анализировалось при обработке цилиндрических поверхностей со скоростями резания 80 м/мин и подачей 0,2 мм/об (конструкционная низколегированная сталь 30ХГСА), а также при 90 м/мин и 0,2 мм/об (нержавеющая сталь аустенитного класса

12Х18Н10Т). Глубина резания везде составляла 1,5 мм. Первоначально увеличение радиуса R_1 вызывается, прежде всего, приработкой в пределах толщины покрытия. Затем радиус увеличивается практически пропорционально времени резания до некоторой величины, после которой начинается разрушение пластины из-за ее оплавления. Повышение температуры объясняется увеличением мощности резания и выделяемого тепла вследствие затупления режущей кромки пластины.

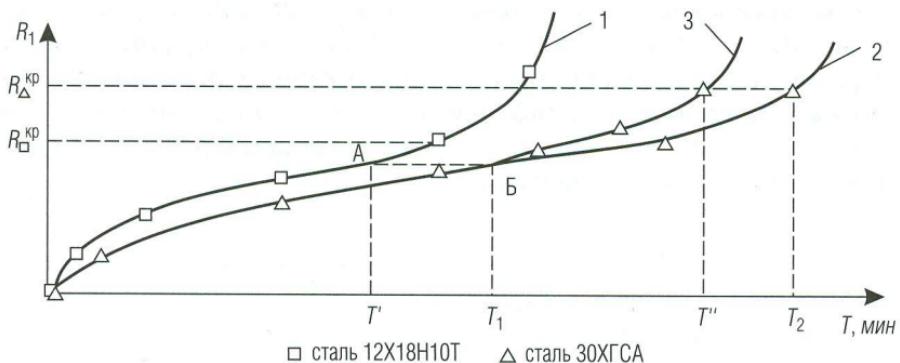


Рис. 3. Изменение радиуса (R_1) от времени резания (T)

Пропорциональность зависимости $R_1 = f(T)$ в средней части, отражающей интенсивность износа, позволяет использовать ее для прогнозирования ожидаемого периода стойкости пластин.

Установлено, что критические радиусы скругления R_1^{kp} и R_2^{kp} , после которых начинается выход инструмента из строя, различны для указанных материалов при одинаковых начальных условиях, как и фактические периоды стойкости. Отношение R_{Δ}^{kp} к R_{\square}^{kp} (для сталей 30ХГСА и 12Х18Н10Т) составляло 1,9–2, а отношение стойкостей T_2 и T_1 – 1,65–1,7. С учетом этого факта было сделано предположение, что доведенная практически до предельного износа на стали 12Х18Н10Т плата может быть использована для сталей, имеющих большие значения R_1^{kp} .

Проведен следующий производственный эксперимент. Платиной обрабатывались детали из стали 12Х18Н10Т в период времени $T' = 0,75$ от T_1 (рис. 3, точка А на кривой 1). Затем той же платиной продолжалась обработка стали 30ХГСА, то есть по существу условия эксперимента стали соответствовать точке Б на кривой 2.

Оказалось, что зона приработки имеет менее выраженный характер, и кривая 3 на большей части своей длины была параллельна кривой 2. Выход пластин из строя наступил приблизительно при тех же значениях R_1 , что и для новых пластин, которыми велась обработка стали 30ХГСА. Суммарный период стойкости пластин увеличивался на 40–50%.

Подобная картина наблюдалась при анализе изменения радиуса закругления главной режущей кромки.

Следовательно, указанные параметры могут служить основой для прогнозирования ожидаемого периода стойкости инструмента.

Изменение шероховатости поверхности на наружной грани имеет несколько другой характер. Увеличение шероховатости наблюдается в период приработки инструмента, далее она практически не меняется, а затем опять начинает резко увеличиваться при непосредственном приближении к значениям периодов стойкости инструмента. Это связано с быстрым износом покрытия и разрушением уже поверхностного слоя основного материала пластины. Поэтому визуальное нарушение покрытия на передней грани пластины в области ее вершины может служить предупреждением о скором выходе пластины из строя.

Результаты исследования позволяют сформулировать следующие рекомендации по эффективной эксплуатации инструмента, оснащенного пластинами с МП:

- 1) увеличение величины шероховатости покрытия пластины на передней грани более, чем в 3–3,5 раза по сравнению с исходной может сигнализировать о быстром последующем выходе инструмента из строя;
- 2) увеличение радиусов скругления R_1 и R_2 более чем в 2,5 раза свидетельствует о практически исчерпанном периоде стойкости инструмента;
- 3) учитывая, что в связи с большим разнообразием применяемых материалов при обработке приборов применяются универсальные пластины с МП, целесообразно первоначально использовать их для обработки вязких нержавеющих сталей аустенитного класса (до 85–95% от периода их стойкости, назначаемого по [3]), а затем переходить на обработку нержавеющих сталей марганситного класса или низколегированных конструкционных сталей.

Заключение

Проведенные производственные наблюдения позволяют констатировать, что процесс резания пластинами с МП укладывается в общую картину закономерностей формообразования [1, 2]. Выявленные критерии износа пластин позволяют достаточно просто производить их экспресс-диагностику. За счет подбора обрабатываемых одним инструментом деталей из различных групп материалов можно значительно повысить ресурс режущих пластин и сократить денежные затраты на инструмент.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов В. И., Боровский Г. В. и др. Справочник конструктора-инструментальщика. М.: Машиностроение, 1994. 560 с.
2. Грановский Г. И., Грановский В. Г. Резание металлов. М.: Машиностроение, 1995. 304 с.
3. Руководство по металлообработке. SANDVIK Coromant, 2010. 916 с.