

УДК 621.9.02

Механизм износа зуборезных долбяков и увеличение их износостойкости нанесением покрытий

Шатило Е. А., магистрант

Белорусский национальный технический университет

Минск, Республика Беларусь;

Научный руководитель: к.т.н., доцент Данильчик С. С.

Аннотация:

В статье рассматриваются процесс износа зуборезных долбяков и условия стружкообразования как основной фактор, влияющий на износ. Приведены виды покрытий, повышающих износостойкость инструмента.

В процессе нарезания зубьев долбяки изнашиваются как по передней, так и по задней поверхностям. Существует несколько теорий износа. По одной, максимальный износ происходит на вершине зуба в углах и увеличивается к задней поверхности [1], по второй, максимальный износ происходит на входной вершине [2]. Однако, согласно третьей [3], передняя поверхность получает незначительный износ, в отличие от задней поверхности выходной режущей кромки, которая принимает на себя максимальный износ. Износ зуба долбяка показан на рис. 1.

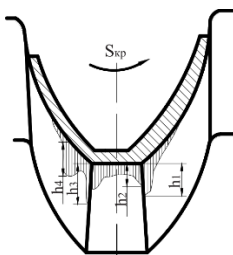


Рис. 1. Износ зуба долбяка

Процесс стружкообразования изучался различными исследователями. С.Н. Медведицков [4] и Б.Е. Седов выявили закономерности локального износа. Зуб долбяка проходит через четыре зоны

контакта с заготовкой, каждая из которых имеет свои особенности формы срезаемых слоев (рис. 2). В зоне I срезаются Г-образные слои, во II – П-образные, в III – Г-образные с зазором, а в IV – элементарные слои. В каждой зоне формируются разные типы стружки, которые могут влиять друг на друга.

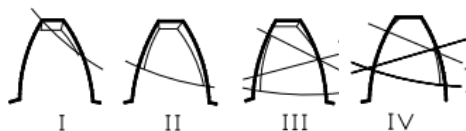


Рис. 2 Форма срезаемых слоев при зубодолблении

Наибольший износ происходит в зоне II. Взаимодействие зуба долбяка с заготовкой в этой зоне приводит к повышению степени износа выходной стороны зуба. Причины этого износа связаны со сложными условиями стружкообразования, когда одновременно работают три смежные кромки, возникают сложные условия резания, характеризующиеся высокой температурой и давлением. Взаимодействие стружек, образующихся при работе многокромочного инструмента, значительно усугубляет процесс износа, особенно в условиях повышенных нагрузок, когда температура может достигать 300 градусов Цельсия.

Процесс формирования стружки также играет ключевую роль: входная стружка отклоняет вершинную, что приводит к деформации и факторам, способствующим износу. Стружка может вызывать такие износы как абразивный (стружка царапает и изнашивает поверхность долбяка), адгезионный (материал налипать на поверхность), диффузионный (стружка проникает в поверхность долбяка), термический (без слета стружки происходит перегрев инструмента), вибрационный (стружка вызывает колебания долбяка).

Для того что бы уменьшить износ инструмента применяют износостойкие покрытия, которые позволяют снижать трение между передней поверхностью и стружкой, что положительно сказывается на уменьшение диффузионного и абразивного износа. Применяют такие покрытия как TiN, (Ti, Al) N, (Ti, Mo) SN и др. Важно подбирать покрытие от типа обрабатываемого материала.

Покрытие TiN получило широкое применение благодаря простой технологии, низкой стоимости материалов и высоким

эксплуатационным характеристикам. Микротвердость TiN варьируется от 20 до 40 ГПа и зависит от давления азота в процессе осаждения. Монофазные покрытия с содержанием азота около 40% наиболее устойчивы к износу.

Химическая пассивность TiN снижает адгезию между рабочими поверхностями и заготовкой, что уменьшает длину контакта стружки с передней и задней поверхностями. Это блокирует развитие лунки износа на передней поверхности и замедляет износ по задней, снижая силы резания и тепловыделение. При использовании TiN наблюдается меньшая интенсивность наростообразования и лучшее качество поверхности.

Покрытие универсально и эффективно при обработке конструкционных сталей, чугуна и бронзы, но его эффективность снижается при резке вязких хромоникелевых сталей и алюминиевых сплавов.

Покрытие (Ti, Al) N демонстрирует высокие физико-механические характеристики, с микротвердостью, варьирующей от 10 до 42 ГПа, что позволяет адаптировать его под различные условия эксплуатации. Образование защитного слоя оксида алюминия при нагреве на воздухе значительно повышает его стойкость к окислительному износу и теплостойкость, что критически важно для инструментов, работающих с материалами с низкой теплопроводностью.

Дополнительное введение хрома и иттрия в состав покрытия может повысить его термостойкость, что расширяет область применения. При этом максимальная микротвердость достигается при содержании алюминия около 60 мол. %, после чего она значительно снижается. В целом, (Ti, Al) N является эффективным выбором для высокопроизводительной обработки твердых материалов, таких как коррозионностойкие стали и никелевые сплавы, и может использоваться без применения смазочно-охлаждающих жидкостей, что делает его особенно привлекательным для современных производственных процессов.

Дисульфид молибдена (MoS_2) обладает наименьшим коэффициентом трения (до 0,05) среди покрытий, что делает его идеальным для обработки материалов, склонных к налипанию, и альтернативой вредным СОЖ. Его структура состоит из пластинок, где атом молибдена окружен атомами серы, что обеспечивает легкое скольжение, но при этом MoS_2 имеет низкую твердость (~5 ГПа) и износостойкость. Для улучшения этих характеристик создаются многослойные

покрытия из чередующихся слоев MoS_2 и соединений TiN , TiB_2 , Al_2O_3 , которые достигают твердости (15–35 ГПа) и низкого коэффициента трения (0,02–0,1). Нанесение таких покрытий на инструменты значительно увеличивает их стойкость и позволяет сократить или полностью отказаться от использования СОЖ.

Вывод: Износ зубьев долбяков происходит преимущественно на задней грани, особенно при высоких нагрузках и температурах. Покрытия, такие как TiN и $(\text{Ti}, \text{Al}) \text{N}$, эффективно снижают трение и износ, улучшая эксплуатационные характеристики инструмента. TiN предотвращает образование лунок износа, а $(\text{Ti}, \text{Al}) \text{N}$ подходит для обработки твердых материалов благодаря высокой термостойкости. Дисульфид молибдена (MoS_2) имеет низкий коэффициент трения, но ограничен в использовании из-за низкой твердости. Регулярная очистка инструмента позволяет сохранить эффективность покрытий. Так же следует не забывать о правильных настройках скорости подачи, которые позволяют упростить работу со стружкой.

Список использованных источников

1. Голиков В.И. Технология изготовления точных цилиндрических зубчатых колес / В.И. Голиков - М.: Машиностроение, 1968. - 162 с.
2. Егоров В.П. Влияние возбуждаемых высокочастотных вибраций на износ зуборезных долбяков / В.П. Егоров // Сб. статей: Интенсификация и управление технологическими процессами в сельскохозяйственных машинах. - Ростов н/Дону. - С. 127-131.
3. Ткаченко И.Г. Анализ схем резания комбинированных зуборезных долбяков для нарезания колес с внешними зубьями / И.Г. Ткаченко // Известия Волгоградского государственного технического университета. Серия: Прогрессивные технологии в машиностроении. - 2003. - № 4. - С. 95-100.
4. Медведицков С.Н. Высокопроизводительное зубонарезание фрезами / С.Н. Медведицков – М. : Машиностроение, 1981. – 104 с.