

производительности процесса обработки.

В процессе резания инструмент и заготовка контактируют по «физически чистым» поверхностям; при этом происходит взаимное притяжение частиц на поверхности раздела.

При сухом резании металлов активные в химическом отношении поверхности реза и стружки вступают в химическую реакцию с компонентами технологической среды, в результате чего образуется защитная пленка, экранирующая силы адгезии между ювенильными поверхностями. Ее защитные свойства выдерживают удельные нагрузки. В результате процесса резания, происходит неравномерное распределение температуры и удельных давлений по длине контакта на различных участках передней поверхности, образуются окислы, сульфиды, хлориды металлов. На участках, непосредственно примыкающих к режущей кромке, образуются пленки сульфидов, хлоридов, а в точках отрыва стружки от реза – окислы металлов [4].

Активная защитная роль оксидных пленок на контактных поверхностях в большей степени определяется контактной температурой. Изменяя давление воздуха и соответственно концентрацию ионов всегда можно добиться положительного эффекта для любого сочетания обрабатываемого и инструментального материалов и параметров режима резания.

Применяемая технология обеспечивает повышение износостойкости режущего инструмента по сравнению со стандартной обработкой без СОТС и может быть использована в машиностроении.

Список литературы:

1. Максимов Ю.В. Обеспечение качества обработки плунжеров автотракторных гидроцилиндров. Журнал «Вестник машиностроения» №3, 1999 - с. 25-27.
2. Максимов Ю.В., Азаревич Г.М., Логинов Р.В. Высокоточная финишная обработка гладких крупногабаритных валов. Журнал «Химическое и нефтегазовое машиностроение» №7, 1999 - с. 41-44
3. Чекалова Е.А., В.Д. Гурин, В.И. Власов. Разработка технологии механической обработки с использованием озонированной среды. Журнал «Металлообработка» № 5. г. Санкт-Петербург. 2005 - с. 6-7.
4. Смазочно-охлаждающие средства для обработки металлов резанием. Под ред. С.Г. Энтиса. Э.М. Берлинера. М.: Машиностроение. 1986 - с. 352.

Повышение износостойкости режущего инструмента путем применения диффузионного сетчатого покрытия

к.т.н. Чекалова Е.А.¹, Чекалов П.Д.²

¹ Университет машиностроения, ² МГТУ «Станкин»
Melou666@mail.ru, (916) 102-22-94

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы влияния физико-механических свойств в процессе обработки на поверхностный слой детали. Представлены результаты износостойкости режущего инструмента с диффузионным сетчатым покрытием.

Ключевые слова: деформационное упрочнение, дислокация, напряжение, диффузионное сетчатое покрытие

Повышения качества выпускаемых изделий можно достичь путем обеспечения определенных эксплуатационных свойств, которые зависят как от состояния структуры материала, так и от параметров состояния поверхностного слоя детали. В процессе резания происходит взаимодействие инструмента с материалом обрабатываемой детали, что сопровождается сложным комплексом физико-химических явлений, а именно, поверхностный слой подвергается упругопластическому деформированию [1, 2].

При механообработке происходит деформация, которая приводит к увеличению дефектов в кристаллической решетке металла, вызывая с одной стороны упрочнения, с другой условия для разрушения. Одним из важных параметров дислокационной структуры является

плотность, которая накапливается в материале в процессе его деформации. По мере его накопления происходит эволюция дислокационной структуры, что приводит к повышению энергетического уровня металла и изменению его физико-механических и теплофизических свойств.

В результате пластической деформации происходит изменение параметров решетки и увеличение внутренней энергии. Следовательно, можно сказать, что изменение свойств металла при деформировании обуславливается изменением его внутренней энергии.

Важное научное и практическое значение имеет исследование взаимосвязи между количественными характеристиками сформированной дислокационной структуры металла и его прочностью. Эта взаимосвязь основана на различных моделях деформационного упрочнения, подробно исследованных в теории дислокаций. Так по Г. Тейлору, деформационное упрочнение обусловлено накоплением дислокаций в решетке. А. Зегер считает, что основным препятствием развитию скольжения при деформационном упрочнении являются образующиеся в результате множественного скольжения своеобразные сидячие дислокации, а блокировка источников определяется обратным напряжением от групп (скоплений) заторможенных дислокаций [3]. Н.Ф. Мотт и П.Б. Хирш предположили, что величина напряжения течения в области деформационного упрочнения определяется движением порогов на винтовых дислокациях, число которых, в свою очередь зависит от плотности дислокаций. Связь между напряжением и плотностью дислокаций при небольшой степени искаженности кристаллической решетки описываются следующим соотношением:

$$\sigma = \sigma_0 + a \cdot G \cdot b \sqrt{\rho}; \quad (1)$$

где: σ – напряжение, необходимое для движения дислокаций; σ_0 – предел текучести материала; G – модуль сдвига; b – вектор Бюргерса; ρ – плотность дислокаций; a – численный коэффициент, зависящий от механизма упрочнения.

Зная механические характеристики материала (предел текучести, модуль сдвига), параметры кристаллической решетки (вектор Бюргерса), изменение напряжения течения в процессе деформирования, а также задавшись коэффициентом a , можно найти плотность дислокаций. И, наоборот, зная плотность дислокаций, нетрудно определить предел текучести упрочненного материала. Изменение напряжения течения по глубине деформированного объема можно связать с изменением твердости материала по глубине.

При механообработке всю энергию, поглощенную металлом при пластической деформации, можно рассматривать как энергию дислокаций, а теория дислокаций позволяет провести количественную оценку энергии дислокации, под которой понимается упругая энергия кристалла, приходящаяся на единицу длины дислокации. Следовательно, энергия деформируемого материала в текущий момент времени складывается из потенциальной энергии собственно дислокаций и кинетической энергии упругих смещений атомов кристаллической решетки [4].

Данная энергия по данным разных авторов составляет всего около 0,5 ... 3% от работы резания, тем не менее, именно эта часть энергии, вносящая изменение в энергию межатомных слоев стружки, детали и инструмента. Анализ существующих исследований позволил прийти к выводу, что более глубокое изучение механизма формирования структуры и качества поверхностного слоя деталей в процессе обработки возможно с использованием структурно-энергетических параметров, и в частности скрытой энергии деформации. Использование этого параметра позволяет учитывать сложность явлений (механических, физических, термодинамических и др.), протекающих в области контакта инструмента и детали, а также позволяет управлять параметрами состояния поверхностного слоя при механической обработке.

Интенсивность деформации зависит от скорости механической обработки, а также от внутренних напряжений, интенсивности и температуры.

Для снижения внутреннего напряжения формирующего в зоне обработки между обрабатываемым и инструментальными материалами отдают предпочтение покрытию, которое повышает работоспособность инструмента благодаря твердой структуре за счет модифици-

рования легирующими элементами. В этой связи результаты влияния структуры на работоспособность инструмента зависят от сбалансированности величин предела текучести σ_T и коэффициента трещиностойкости K_{IC} .

В соответствии с дислокационной теорией пластическая деформация и разрушение являются функцией таких параметров как: σ_n – напряжение трения кристаллической решетки; σ_d – упрочнение увеличением числа дефектов решетки (вакансий, дислокаций); σ_r – упрочнение растворенными атомами; σ_ϕ – упрочнение дисперсными фазами, имеющимися или специально созданными в структуре покрытия; σ_z – упрочнение микроструктурными барьерами на пути движения дислокаций в виде границ зерен, границ двух фаз, узких прослоек второй фазы.

Повышение напряжения трения решетки матрицы σ_n может привести к росту σ_T , однако одновременно резко снижается критическое напряжение разрушения. Напряжение σ_n сильно зависит от типа связи и увеличивается с усилением доли ковалентности в межатомной связи. Торможение дислокаций более эффективно при снижении температуры, что необходимо учитывать при оценке влияния параметра σ_n на прочность покрытий. Покрытия, получаемые физическим осаждением при использовании вакуумно-дуговых процессов, имеют число дислокаций, близкое к критическому ($\sim 10^{16} \text{ м}^{-2}$), поэтому упрочнение σ_d , связанное с увеличением их числа, практически не осуществимо. Упрочнение дисперсными фазами σ_ϕ также является перспективным механизмом повышения прочности износостойких покрытий [5].

Установлено, что упругопластическое деформирование режущего клина инструмента с покрытием связано с сильной трансформацией контактных процессов, в частности, контактных напряжений и температур в зоне контакта и режущей части инструмента.

Разрушение покрытий в процессе резания начинается с образованием в них трещин, возникновение которых связано, в зависимости от условий резания, с упругопластическими деформациями режущего клина режущего инструмента, колебаниями температур и силовых нагрузок, возникающих в процессе резания.

Для компенсации негативных аспектов трансформации контактных процессов, для эффективной работы режущего инструмента с покрытием необходимо устранение или уменьшение причин, приводящих к преждевременному разрушению покрытия. Это можно достигнуть за счет неравномерного покрытия, т.е. за счет диффузионного сетчатого покрытия. Структура сетчатого типа способна препятствовать распространению трещин, снижать концентрацию напряжений на границе «покрытие – инструментальный материал».

Таким образом, режущий инструмент с сетчатым покрытием способствует увеличению запаса пластической прочности и жесткости режущего клина инструмента, что снижает склонность режущей части инструмента к потере формоустойчивости и упругим прогибам при приложении термомеханических напряжений, возникающих в процессе резания.

Для этого была разработана технология, которая позволила перераспределить направленность и интенсивность тепловых потоков, и приводит к снижению энергетических затрат на процесс резания. Кроме этого происходит формирование антифрикционных пленок на режущей кромке инструмента, которые уменьшают адгезионную активность инструментального материала, снижают трение, мощность фрикционных источников тепла, термомеханические напряжения и уменьшают интенсивность изнашивания контактных площадок инструмента.

В результате чего формируются дискретные типы стружек, наиболее удобные для транспортировки из зоны резания.

Разработанный технологический процесс позволяет обрабатывать разную номенклатуру инструмента.

В качестве примера рассмотрим твердосплавный режущий инструмент, т.е. пластины Т15К6. Анализ сравнительных результатов исследований показан на рисунке 1. Для установления особенностей кинетики изнашивания инструмента были использованы кривые зависимости износ от времени $\bar{h}_3 = f(\tau)$.

Полученные исследования показывают, что заметно снижается не только интенсив-

ность изнашивания инструмента на стадии приработки, но и сильно уменьшается критическая величина фаски \bar{h}_3 , при превышении которой наступает стадия установившегося изнашивания.

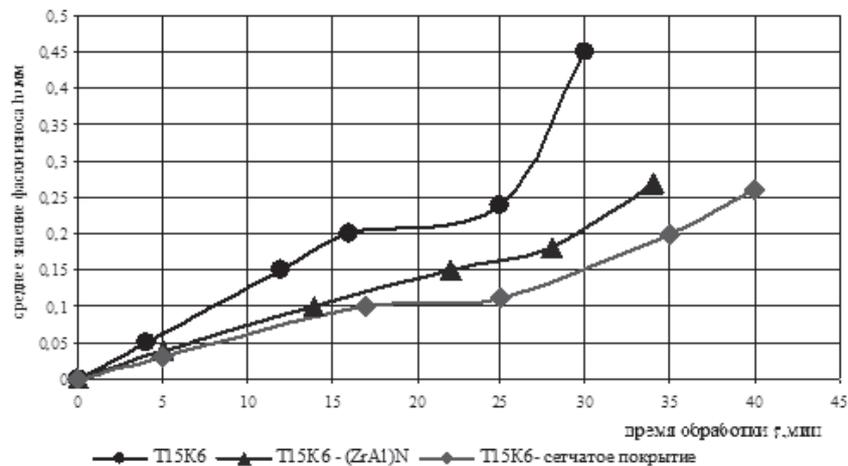


Рисунок 1. Обобщенные кривые $\bar{h}_3 = f(\tau)$ твердосплавных пластин T15K6 при продольном точении стали 45 (180НВ): $V = 130$ м/мин; $s = 0,2$ мм/об; $t = 2$ мм

Следует отметить, что на стадии прирабочного изнашивания, сетчатое покрытие выполняет свои функции полностью, т.е. снижает термомеханические нагрузки на контактной площадке инструмента, чрезвычайно эффективно тормозит изнашивание задней поверхности.

В результате испытаний было получено, что износостойкость режущего инструмента с сетчатым покрытием в 2 раза выше, чем со сплошным покрытием и соответственно в 2,5 раз выше исходных пластин.

Поэтому разработанную технологию можно рассматривать как комплекс с проникающей способностью и возможностью формирования высокоустойчивых химических и физических пленок, адаптированных под уровень энергетического воздействия, соответствующих условиям процесса резания. Применение данной технологии может служить основой для создания высокоэффективной технологии резания, не уступающей режущему инструменту со сплошным покрытием.

Литература

1. Максимов Ю.В. Обеспечение качества обработки плунжеров автотракторных гидроцилиндров. Журнал «Вестник машиностроения» №3, 1999 - с. 25-27.
2. Максимов Ю.В., Азаревич Г.М., Логинов Р.В. Высокоточная финишная обработка гладких крупногабаритных валов. Журнал «Химическое и нефтегазовое машиностроение» №7, 1999 - с. 41-44.
3. Драпкин Б.М., Кононенко В.К., Безъязычный В.Ф. Свойства сплавов в экстремальном состоянии. М.: Машиностроение. 2004 - с. 177-202.
4. Старков В.К. Дислокационные представления о резании металлов. М.: Машиностроение. 1979 - с. 86-89.
5. Верещака А.С., Табаков В.П., Григорьев С.Н. «Методологические принципы создания функциональных покрытий нового поколения для применения в инструментальном производстве». Справочник. Инженерный журнал. №12. 2011 - с. 13-22.