

## НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗРУШЕНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ ПАРАЛЛЕЛЬНОМ ХОДЕ МЕХАНИЧЕСКОГО И ТЕПЛООВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

Грубник А.В., ст. преподаватель, Дмитриев Д.А., д.т.н., профессор,  
Сошко В.А., к.т.н., доцент

*Херсонский национальный технический университет, Украина*

**Аннотация.** Механизм снижения прочности и разрушения металла целесообразен при резании инструмента в присутствии смазочно-охлаждающих технологических сред. Установлено, что основными факторами облегчения деформации и разрушения являются взаимодействия положительно заряженных частиц водорода с каталитическими и электрическими активными поверхностями, вновь образующимися в процессе резки. На основе обобщения результатов исследований предложена модель активации смазочно-охлаждающих технологических сред с образованием водородной плазмы, описаны возможные формы взаимодействия наноразмерных электрически активных частиц водорода, показано с металлом, что улучшение обрабатываемость металла в полимерных смазочно-охлаждающих технологических средах обусловлена механическим плазменным воздействием при совместном механическом и термическом воздействии. Приведены результаты испытаний, подтверждающие эффективность механической плазменной обработки.

**Ключевые слова:** ОБРАБОТКА РЕЗАНИЕМ, ВОДОРОДНОЕ РАЗРУШЕНИЕ, СМАЗОЧНО-ОХЛАЖДАЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СРЕДЫ, ТЕПЛОВАЯ ВСПЫШКА, МЕХАНОПЛАЗМЕННЫЙ ЭФФЕКТ

Развитие представлений о механизме влияния водорода на процесс резания (или вообще на разрушение) обычно осуществляется путем выявления роли водорода на различных стадиях проявления отдельных механизмов процесса разрушения в локальной области перед кончиком трещины от начального этапа разрушения – развития упругой деформации, до завершающего – распространения разрушающей трещины. Характер разрушения металла в условиях резания существенно отличается от характера разрушения при статических или динамических стандартных механических испытаниях. Например, при резании, в зоне пластической деформации

действуют большие сжимающие напряжения, которые препятствуют разрыву материала, несмотря на то, что относительная деформация превосходит значение, при котором разрушается материал при растяжении [1].

Специфические условия, в которых происходит процесс разрушения при резании, дают основание полагать, что нарастание механических напряжений в теле в этом случае должно происходить внешне аналогично с процессом взрыва заряда взрывчатого вещества. В том и другом случаях имеется импульс давления, создающий разрывающее напряжение, упругую и пластическую деформации, которые нарастают с большой скоростью только в отдельных участках материала. Вместе с тем, в отличие от взрыва, при резании давление резца вызывает более сложное распределение внутренних сил. Очевидно, что при вдавливании клина инструмента в заготовку начинается распространение волны сжатия, идущей с большой скоростью. После чего, в материале достигается максимум деформации и в результате скольжения слоев материала друг относительно друга должны появляться трещины, идущие от центра радиуса закругления острия лезвия. После прохождения волны сжатия, под действием сил упругости смещенные слои возвращаются к центру, возникают напряжения растяжения, в результате которых в металле появляются кольцевые трещины. Таким образом, в непосредственной близости к острию клина будет происходить измельчение и дробление материала, вследствие чего при подаче инструмента срезается тонкий слой металла, пронизанный многочисленными микротрещинами и другими дефектами. Поскольку трещина является источником последующего разрушения, а понимание законов ее распространения формирует основы теории прочности и разрушения твердых тел, то исключительно важное значение представляет информация о ее движении в реальных условиях. Вокруг трещины возникает ряд областей, причем каждая из них дает граничные условия для следующей. На больших расстояниях материал находится в области упругих деформаций. Ближе к вершине трещины растет концентрация напряжений. Еще ближе имеется пластическая область. Наконец, следует область, где материал становится неоднородным, сначала вследствие границ зерен, а затем субзерен, дислокаций и атомов.

Влияние водорода на эти различные этапы процесса разрушения обуславливается его взаимодействием с реальной структурой металла, соответствующей данному этапу. В системе «металл – водород» существует многообразие процессов взаимодействия водорода с металлической структурой, возникающей при данном варианте разрушения, что оказывает влияние на степень снижения механических свойств металла. В связи с этим, облегчение процессов деформации и разрушения металла под влиянием водорода может иметь либо незначительное, либо преимущественное или даже исключительное развитие.

Разрушение металла при резании, в основном, носит квазихрупкий характер. Поэтому когда вскрытие трещины происходит вследствие прямого разрыва связей в ее устье, что характерно при хрупком разрушении, основное влияние на изменение прочности материала будут оказывать поверхностные процессы взаимодействия тела с водородом. И, наоборот, когда преобладает пластический характер разрушения, возрастает влияние протонов в объеме металла в зоне максимальной концентрации напряжений у вершины трещины. Следовательно, если скорость энергоподпитывания трещины будет настолько велика, что компенсирует затраты на пластическую деформацию, то разрушение, будет обладать всеми видимыми особенностями хрупкого. В этом случае решающее влияние на рост трещины, а значит и на энергозатраты процесса резания, будут оказывать поверхностные процессы взаимодействия водорода с металлом на кончике трещины. Поэтому при механической обработке резанием в водородосодержащих средах высокопрочных, закаленных сталей влияние поверхностных процессов взаимодействия среды становится более заметным.

То обстоятельство, что при разрядке протона происходят тепловые микровзрывы, в результате чего в атомных группировках металла температура может значительно превышать температуру его плавления, находит подтверждение в теории неравновесных состояний и термодинамической флуктуации [2, 3]. Оно также согласуется с известными данными о влиянии кратковременного (импульсного) нагрева железоуглеродистых сплавов,

находящихся в метастабильных состояниях, на фазовые и структурные превращения [4].

Согласно существующим представлениям, основным фактором процесса разрушения тела является тепловое движение. Поскольку разрывы сил связей локализованы в основном в местах концентраций напряжений разного происхождения, но главным образом в микрообластях, прилегающих к вершинам трещин, то механизм разрушения твердого тела следует связывать с совместным действием на связи тепловой и механической энергии. При резании в СОТС с добавкой полимера вследствие тепловой вспышки, образующейся в результате рекомбинации протона, увеличиваются фотон-атомные взаимодействия атомов, которые могут приобретать кинетическую энергию, достаточную для разрыва связи. Поэтому в общем балансе энергетических затрат на разрыв межатомных связей металла происходит существенное снижение механической составляющей. В дальнейшем процессе деформирования квазинезависимые локализованные акты разрыва отдельных связей, становятся объемными и повышают температуру частиц металла. Во многих случаях эта температура может значительно превышать температуру плавления материала, что позволяет говорить о возникновении механоплазменного эффекта при резании в полимерсодержащих СОТС.

В практическом значении эффективность проявления механоплазменного эффекта, а значит и снижения энергосиловых затрат на резание будет зависеть от следующих факторов: 1) скорости образования и поступления углеводородной газовой смеси в реакционную щель, ее концентрации и состава; 2) скорости химического превращения газовой смеси в водородную плазму; 3) вектора и скорости диффузии ионизированного водорода, как к вершине трещины разрушения, так и непосредственно в зону преодоления сцепления между атомами.

Чрезвычайно важную роль в проявлении механоплазменного эффекта играет состав исходной поверхностно-активной среды СОТС, поскольку при прочих равных условиях от свойства химических соединений и веществ, входящих в СОТС, во многом зависит возможность возникновения плазменного эффекта.

Представления о физико-химической природе активации исходной среды до плазменного состояния подтверждаются не только современными теоретическими работами из смежных научных областей, но и практическими результатами их использования. Так, например, если ввести в поток ионизированного водорода металлическую пластинку, то ее поверхность быстро расплавится с образованием сварочной ванны с температурой около 3700°C. На этом принципе разработан промышленный способ сварки - «атомноводородная сварка».

Таким образом, механическое воздействие на металл, обрабатываемый в СОТС, сопровождается вспышкой химических превращений среды с образованием водородной плазмы (плазменный эффект), различные взаимодействия которой с реальной структурой металла вызывают облегчение процессов его деформации и разрушения (механоплазменный эффект). Особое значение приобретают тепловые процессы, которые способны не только привести к оплавлению материала, но и в случае, когда плотность плазменного потока недостаточна, отдельные тепловые импульсы и высокая скорость их распространения способны приводить к возникновению структурных изменений, больших напряжений и охрупчиванию материала. Кроме того, после выхода заготовки из зоны разрушения может происходить отпуск слоев закаленной стали, различные фазовые превращения углеродистого мартенсита, релаксация напряжений закаленной и отпущенной стали, что существенно будет влиять на резание металла при следующем контакте с инструментом вследствие его подачи.

Таким образом, можно полагать, что выяснение природы влияния импульсного теплового нагрева, возникающего в процессе резания в полимерсодержащих СОТС, может привести не только к более полному пониманию механизма процессов разрушения, но и к обоснованию новых методов упрочнения в процессе резания обрабатываемых деталей путем использования механоплазменного эффекта.

Важно отметить, что эффективность механоплазменной обработки подтверждается результатами промышленных испытаний при формообразовании металла всеми видами механической обработки: резанием,

давлением, при шлифовании и полировании металла и силикатных стекол, резании полупроводниковых материалов, бурении горных пород, измельчении силикатных систем и др. [5, 6].

Настоящее сообщение ограничено рассмотрением только основных взаимодействий в системе «металл – водород». Дальнейшее выявление роли отдельных механизмов таких взаимодействий на фоне физико-химических процессов при разрушении металла, – необходимый шаг к сознательному изменению его свойств с целью получения нужных параметров и созданию высокоэффективных способов механической обработки твердых тел.

### Литература

1. Подураев В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов. М., 1974. 589 с.
2. Журков С.Н. Кинетическая концепция разрушения. // Вестник АН СССР. 1957. №11. С.78.
3. Бартнев Г.М. Физика и механика полимеров. М., 1983. 387 с.
4. Гриднев В.Н. Физические основы электротермического упрочнения стали. К.: Наукова Думка, 1973. 335 с.
5. Сошко В.А., Сошко А.И. Механохимическая обработка металлов. ФРГ: LAMBERT Academ Publishing., 2015. 98 с.
6. Сошко В.А., Сошко А.И., Грубник А.В. Механизм влияния смазочно-охлаждающих технологических сред на разрушение метала при резании // Технология машиностроения. 2019. №1(199). С. 16-27.

## SOME FEATURES OF METAL DESTRUCTION DURING THE PARALLEL STEP OF MECHANICAL AND HEAT INFLUENCE

Hrubnyk Oleksandr, Dmytriiev Dmytro, Soshko Viktor

**Abstract.** The mechanism of decline of durability and destruction of metal is reasonable at tooling cutting in presence lubricating-cooling technological environments. It is set that by the main factors of facilitation of deformation and destruction pin cooperations of the positively charged particles of hydrogen with catalytically and electric by the active surfaces again formed in the process of cutting. On the basis of generalization of results of researches the model of activating of lubricating-cooling technological environments offers with formation of hydrogen plasma, the possible forms of cooperation of nanosize electric active particles of hydrogen are described it is shown with a metal, that the improvement of

workability of metal in polymeric lubricating-cooling technological environments is conditioned by a mechanical plasma effect at joint mechanical and thermal influence. Results over of tests, confirmative efficiency of mechanical plasma treatment, are brought.

**Keywords:** CUTTING, HYDROGEN DESTRUCTION, LUBRICANT COOLING TECHNOLOGICAL ENVIRONMENT, HEAT FLASH, MECHANOPLASMA EFFECT.

### **References**

1. Poduraev V. Cutting of hard-processing materials. Moscow, 1974. 589 c.
2. Zhurkov S. Kinetic conception of destruction. // Announcer Academy of Science the USSR. 1957. №11. C.78.
3. Bartenev H. Physics and mechanics of polymers. Moscow, 1983. 387 c.
4. Hrydnev V. Physical bases of the electrothermal work-hardening steel. Kyiv, 1973. 335 c.
5. Soshko V., Soshko A. Mechanic chemical treatment of metals. Germany: LAMBERT Academyn Publishing., 2015. 98 c.
6. Soshko V., Soshko A., Hrubnyk A. The mechanism of influence of lubricating-cooling technological environments on destruction threw at cutting // *Technology of engineer*. 2019. №1(199). C. 16-27.