

**ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ  
ПРОЦЕССЫ  
ФОРМИРОВАНИЯ  
ВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМЫ В  
ЗОНЕ РЕЗАНИЯ**

Выполнили:  
Музика О.В.  
Шайко Ю.О.

# Вступление

- ▣ Предыдущим докладчиком было показано что на горячих поверхностях зоны резания (стружка, лезвие инструмента) исходный состав СОТС превращается в газовую смесь, состоящую из водорода в его различных формах и гомологического ряда алифатических предельных углеводородов от С до С<sub>7</sub>.

- ▣ Дальнейшие превращения газовой смеси происходят в реакционной зоне расположенной между клином инструмента, вершиной трещины и ее полостями.
- ▣ В дальнейшем газовая смесь поступает в реакционную щель – пространство, ограниченное поверхностями клина инструмента, ювенильными поверхностями трещины разрушения и ее вершиной, где увеличивается степень ионизации газа до образования водородной плазмы (Рис.1).

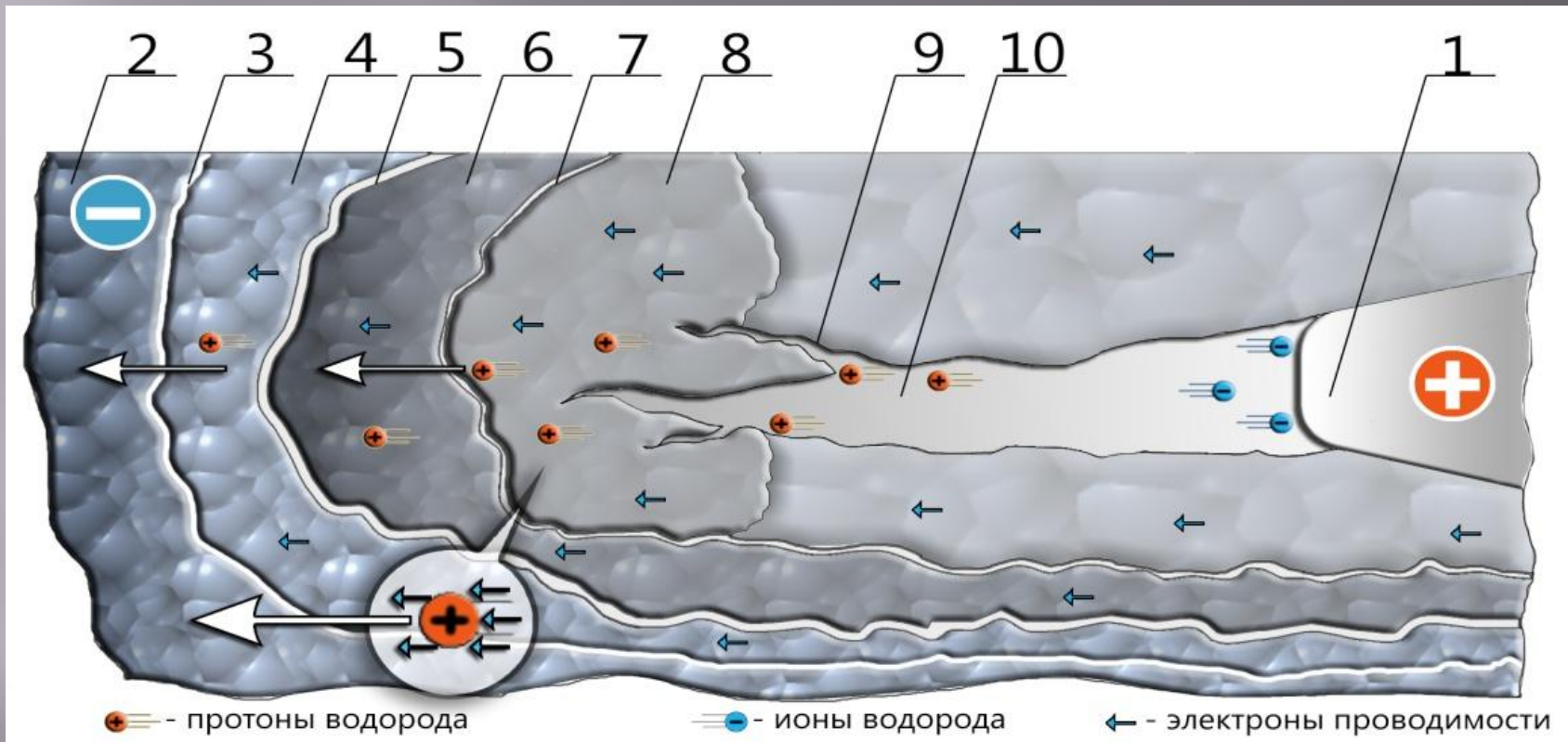
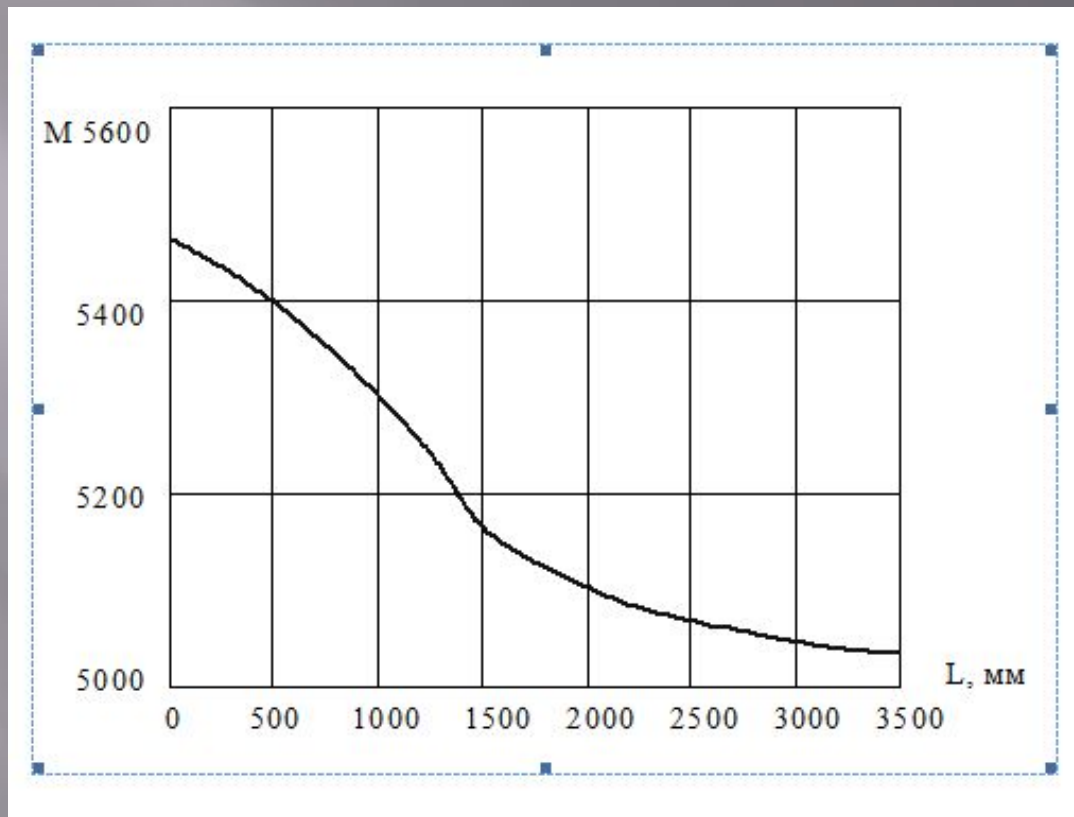


Рис.1. Схематическое изображение реакционной зоны.  
 1. Лезвие режущего инструмента; 2. Обрабатываемый металл; 3. Переходная область; 4. Область упругой деформации; 5. Область начального движения дислокаций; 6. Область пластической деформации; 7. Область докритического подрастания трещин; 8. Область разрушения. Закрытая стадия роста трещин; 9. Ювенильные полости трещин; 10. Магистральная трещина, заполненная водородной плазмой.



- Рис. 2. Изменение молекулярной массы (M) ПВХ в СОТС в зависимости от длины точения (L) стали 40X (HRC 42...46). Резец из быстрорежущей стали P6M5; режим обработки:  $V=2$  м/с,  $S=1$  мм/об,  $t=1$  мм

# Водород в металл попадает только в протонном состоянии

В экстремальных условиях механической обработки транспорт водорода в зону разрушения возможен только путем его перемещения между узлами решетки в протонном состоянии, а диффузионный поток заряженных частиц может происходить благодаря наличию электрического поля, температуры и давления.

Поток электронов большой энергии ( $10^2$  эв) и интенсивности ( $6 \cdot 10^3$  импульсов в минуту), вылетающий из зоны резания соударяется с атомами водорода

- ▣ Возникающие в зоне разрушения различные физико-химические процессы и явления, имеющие квантовую природу, с одной стороны являются источниками, вызывающие образования водородной плазмы, в результате их многоэтапных контактных взаимодействий с окружающей средой, а с другой, некоторые из них действуют как потенциалы, определяющие вектор и скорость перемещения электрически заряженных частиц водорода, составляющих водородную плазму. В дальнейшем заряженные частицы водорода, в связи с различными взаимодействиями, рекомбинируют с выделением тепловой энергии.

- ▣ Таким образом, совокупность экспериментальных данных показывает, что облегчение преодоления сцепления между атомами и вскрытие новой поверхности в ультрамикроскопических областях, где концентрируется предельная энергия, т.е. проявление механоплазменного эффекта подготовлено и обусловлено следующими протекающими процессами и явлениями:



- ▣ 1. Пиролизом на горячих поверхностях стружки и инструмента химических соединений, составляющих поверхностно-активную жидкость (СОТС), и образованием новых фаз – углеводородной газовой смеси.
- ▣ 2. Диффузией газовой смеси в реакционную щель.
- ▣ 3. Контактными взаимодействиями химических элементов, составляющих газовую смесь, с выходящими на поверхности реакционной щели ступенями скола и другими электрическими активными элементами реальной новой поверхности.
- ▣ Вследствие таких взаимодействий образовавшийся ионизированный газ представляет собой смесь нескольких сортов частиц: электронов, однократно заряженных положительных ионов и нейтральных молекул. В нем должны присутствовать и многократно заряженные ионы, а также отрицательно заряженные ионы.

- ▣ 4. Первичной ударной ионизацией молекул и атомов водорода в результате их столкновения с электронами высокой энергии. Образующие вторичные электроны вновь ионизируют оставшиеся в смеси газа молекулы и атомы водорода и, следовательно, общее количество электронов и ионов будет возрастать, увеличивая степень ионизации газовой смеси.
- ▣ 5. Образованием ионизированного водорода в связи с электроискровыми разрядами при разрыве электрического контакта между электрически активными элементами поверхностей лезвия инструмента, заготовки и среды.
- ▣ 6. Формированием и перемещением потока положительно заряженных частиц водорода из ионизированной газовой смеси в направлении объемного отрицательного заряда заготовки и локального отрицательного заряда в вершины трещины.
- ▣ 7. Рекомбинацией протона.

- ▣ К процессам, обеспечивающим направленное перемещение из плазмы частиц водорода положительного и отрицательного заряда следует отнести:
  - электромагнитное поле;
  - отрицательный объемный заряд заготовки и положительный заряд инструмента;
  - предельно сконцентрированный отрицательный электрический заряд перед кончиком трещины;

- Таким образом, доказано, что возникающие в процессе роста трещины вышеперечисленные физико-химические процессы и явления, создают особые условия необходимые для формирования из поверхностно-активной среды радикально активную, ее перенос в зону преодоления сцепления между атомами, а затем, вследствие проявления эффекта электронного «ветра», осуществляют амбиполярную диффузию протонов и электронов проводимости в срезаемом слое металла со скоростью значительно превышающей скорость его разрушения. Поэтому, согласно этой модели, микрощель можно представить, как естественно созданный в процессе резания реактор, в котором поступающая в его пространство среда подвергается комплексному воздействию сопровождающих процесс резания различных физико-химических процессов и явлений. Следовательно, образование и рост трещин фактически играет роль спускового устройства, включающего некоторый механизм начала и развития механоплазменного эффекта.

## Физико-химические процессы в газовой среде

- ▣ Механоплазменный эффект зависит 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 увеличении теплового эффекта реакции играет также состав исходной поверхностно-активной среды (СОТС).

- Скорость образования газовой смеси также, как и скорость ее превращения в водородную плазму являются контролирующими проявление механоплазменного эффекта. Они зависят от эффективности действия ионизаторов, а также от физико-химических свойств полимерной присадки к СОТС, ее молекулярной массы и концентрации в составе технологического средства, состояния поверхности адсорбата и температуры. Что касается скорости химического превращения газовой смеси в водородную плазму то она еще зависит и от концентрации в газовой смеси водорода и углеводородных фрагментов, образовавшихся в следствие разрыва макроцепи полимера

**Скорость химического превращения газовой смеси в плазму под действием электронов в результате ударной ионизации, с последующим переходом в лавинообразную стадию «воспроизводства» новых ионов и электронов, зависит от двух факторов:**

- ▣ вероятности столкновения электронов с атомами или молекулами водорода ;
- ▣ величины кинетической энергии электронов и атомов водорода;

- ▣ Экспериментально было установлено, что энергия электронов, вылетающих из вершины трещины вследствие механического воздействия на материал, примерно равна или превышает энергию химической связи. Следовательно, у вершины трещины создаются условия для окончательной ионизации водорода.



- При «входе» протонов в твердое тело они должны пройти переходную область под поверхностью. В этой переходной области образуется новая газовая смесь, состоящая из электронов проводимости и положительно заряженных частиц водорода, в которой электроны оказываются окруженными «облаком» положительного заряда.
- Увлечение протонов электронами проводимости настолько велико, что положительно заряженные ионы водорода двигаются в сторону анода, против поля, подобно частицам с отрицательным зарядом. Несмотря на то, что скорость такого коллективного перемещения электронов и протонов уменьшится по сравнению со скоростью перемещения одних электронов в  $(/ \frac{1}{2}$  раз, однако она все же будет значительно превышать скорость роста трещины. Это означает, что водород своевременно поступает к вершине трещины и в микрообъем материала перед

- ▣ Превышение скорости диффузии водорода над скоростью разрушения металла подтверждается экспериментальными данными.

## Вывод:

- ▣ Взаимодействие углеводородной среды с деформируемым металлом и физико-химические процессы, возникающие в момент разрушения тела, обуславливают превращение окружающей среды в новое фазовое состояние – водородную плазму.
- ▣ Ускоренная диффузия протона в микрообласти, прилегающие к вершине трещины, непосредственной причиной облегчения процессов деформации и разрушения является большой тепловой эффект, образующийся в результате рекомбинации протонов водорода контактных взаимодействий протона с электрически активной реальной структурой деформируемого металла.
- ▣ Показана возможность использования сред для создания эффективных технологий обработки деталей машин с одновременным повышением их долговечности.