

УДК 621.785.532

А.И. Сурус, асс.

## О ФИЗИЧЕСКОЙ СУЩНОСТИ ВЛИЯНИЯ ВЫСОКОЧАСТОТНЫХ КОЛЕБАНИЙ НА УПРОЧНЕНИЕ ТРУДНОДОСТУПНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Data about the influence of mechanical vibrations was established in the melt sodium cyanate in the process of chemical thermal processing on the hardening of difficult available surfaces of machines elements are presented.

Проведенные ранее исследования по влиянию механических колебаний на упрочнение деталей лесных машин методом карбонитрации позволили установить, что использование колебаний интенсифицирует процесс упрочнения в зависимости от их параметров и способа введения [1].

Кроме того, обнаружено, что введение ультразвуковой энергии в расплав способствует упрочнению труднодоступных участков поверхностей, обработка которых в обычных условиях затруднена или практически невозможна. Например, таких, как внутренние полости (отверстия) в деталях гидро- и пневмосистем лесных машин, фильер, поверхностей, имеющих резкие переходы, острые внутренние углы и т.п. [2].

Дальнейшие исследования выявили, что результат упрочнения аналогичных поверхностей зависит не только от параметров колебаний, вводимых в расплав и температурно-временных факторов, но и во многом определяется геометрией обрабатываемых поверхностей. Такие поверхности могут иметь различные профили, которые удобно классифицировать по соотношению их основных размеров – длины  $l$  и диаметра  $d$  (или ширины  $b$ ) (рис.1).

К первой группе нами отнесены поверхности, у которых  $l > d$  (рис.1 а), ко второй – у которых  $l \approx d$  (рис.1 б), и к третьей – у которых  $l < d$  (рис.1 в). Подобные профили могут быть образованы различными конструктивными элементами, расположенными на соответствующем расстоянии друг от друга (стенки, перегородки, перемычки, ребра и т.д.).

На рис.2 представлены результаты упрочнения сквозных и глухих отверстий с различным соотношением диаметра  $d$  и глубины  $l$  при  $l > d$ . Показано, что с увеличением отношения  $l/d$ , при прочих равных условиях толщина упрочненного слоя  $h$  в области труднодоступных участков (середины сквозных отверстий и дна глухих) уменьшается во всех случаях. При упрочнении в обычных условиях уже при  $l/d > 7$  в указанных местах упрочненный слой незначителен (до 28 мкм) в сквозных отверстиях и практически отсутствует в глухих.

Введение в расплав механических колебаний существенно увеличивает толщину упрочненного слоя в труднодоступных местах. Так, при  $l/d = 10$  она увеличилась в сквозных отверстиях с 10 мкм при обработке в обычных условиях до 78 мкм – с использованием колебаний и с 0 до 72 мкм соответственно в глухих.

В настоящей работе сделана попытка объяснить механизм воздействия знакопеременных колебаний ультразвуковой частоты, вводимых в расплав при низкотемпературной карбонитрации, на упрочнение труднодоступных поверхностей деталей.

Как отмечалось ранее [3], одним из факторов интенсификации процессов диффузионного насыщения является активное обновление расплава у насыщаемых поверхностей, а также освобождение самих поверхностей от продуктов взаимодействия материала детали с расплавом на границе раздела фаз. Таких эффектов можно достигнуть путем обычного перемешивания расплава или возбуждения в нем механических колебаний.

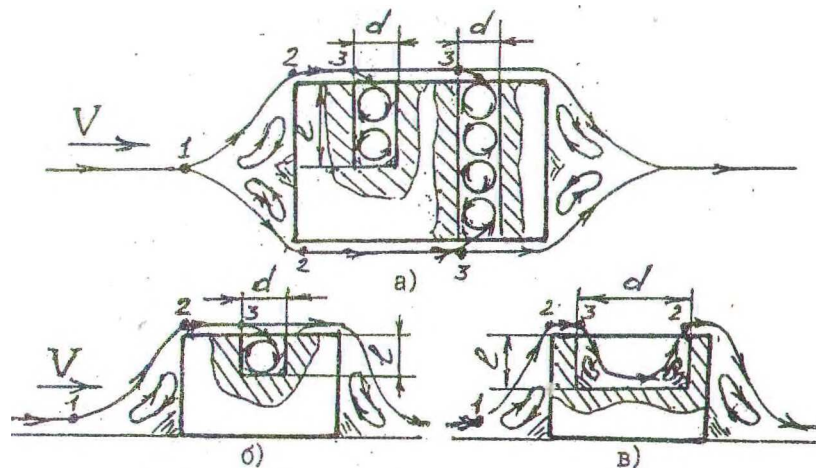


Рис.1. Модели деталей с характерными профилями труднодоступных участков и особенности движения макропотоков

Однако при обычном перемешивании или возбуждении колебаний малой интенсивности (при отсутствии кавитации) в расплаве образуются потоки некавитационного происхождения (макропотоки). Обтекание такими потоками профилей, подобных указанным выше, рассмотрено в [4] и сводится к двум характерным случаям: обтекание макропотоком выступа и протекание его над отверстием. В первом случае давление в расплаве в направлении движения потока будет возрастать. В то же время на границе раздела "твердое тело–расплав" вследствие вязкости расплава образуется пограничный слой, имеющий градиент скорости в направлении, перпен-

дикулярном направлении основного потока. Одновременное существование положительного градиента давления и пограничного слоя приводит к отрыву микротока от обрабатываемой поверхности в некоторой точке отрыва 1 (рис.1 а). За точкой отрыва образуется застойная зона (по отношению к основному макропотoku). Однако скорость расплава в застойной зоне не равна нулю, т.к. под воздействием положительного градиента давлений за точкой отрыва возникает обратное течение расплава, которое совместно с основным создает турбулентный вихрь, направление которого в области, прилегающей к основному макропотoku, совпадает с последним.

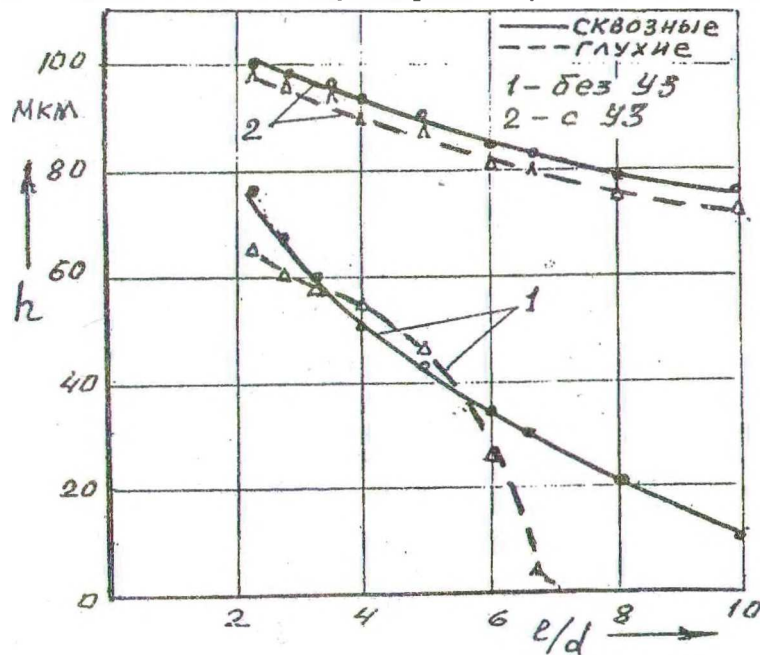


Рис.2. Изменение толщины диффузионного слоя  $h$  в сквозных и глухих отверстиях в зависимости от соотношения их глубины  $l$  и диаметра  $d$  ( $l/d$ )

При протекании макропотoka над отверстием происходит его отрыв на передней кромке последнего в точке 3 (рис. 1). Внутри отверстия образуется застойная зона. Часть оторвавшегося макропотoka отклоняется внутрь отверстия и образует в нем один или несколько вихрей, движущихся в противоположных направлениях (рис.1 а,б). Образование вихрей в труднодоступных местах способствует более интенсивному обновлению порций расплава у поверхности, интенсифицирует тем самым процесс массопереноса, а также способствует очистке поверхности от продуктов реакций, улучшая процесс адсорбции ей активных элементов.

Однако интенсивность воздействия вихрей значительно меньше, чем макропоток, т.к. средняя скорость расплава в застойных зонах в не-

сколько раз меньше скорости основного макропотока. Вихри, образующиеся перед уступом и за ним, имеют вытянутую форму. Поэтому площадь участков, на которые не оказывается воздействие, возрастает при  $l > d$ . В местах резких переходов поверхностей (углы и т.д.) возникают застойные зоны, воздействие потоков в которых проходит менее интенсивно, чем на остальных участках. Непосредственно в самих углах этих зон (внутренних и внешних) интенсификация процесса практически не наблюдается, поскольку в случае попадания туда расплава практически не происходит его обновление.

Таким образом, наличие только одних макропотоков не обеспечивает достаточно активной доставки диффундирующего элемента к труднодоступным участкам насыщаемой поверхности, практически не способствует ее обновлению от продуктов реакции, не улучшает в связи с этим условий адсорбции.

При введении в расплав высокочастотных колебаний достаточной интенсивности в нем возникает кавитация. Воздействие на труднодоступные участки микропотоков, образующихся при кавитации, значительно отличается от воздействия макропотоков.

Поскольку размеры кавитационных пузырьков значительно меньше минимального размера труднодоступного участка обрабатываемой поверхности, то образующиеся при их пульсациях и захлопывании микропотоки, соизмеримые с размерами пузырьков, обеспечивают воздействие на участки значительно меньшее, чем вихри при макропотоке. Несимметричное захлопывание пузырьков приводит к образованию направленного потока расплава (микроструек), который при соответствующем расположении пузырька в труднодоступном месте будет воздействовать практически на любой его участок. Сравнение минимальных размеров микропотоков, образующихся при существовании постоянно захлопывающихся и пульсирующих кавитационных полостей и вихрей, образующихся при макропотоке, показывает, что кавитация позволяет активно воздействовать на труднодоступные участки поверхностей очень малых размеров.

Кроме того, скорость микропотоков при захлопывании пузырьков значительно больше скорости макропотоков. Таким образом, при воздействии захлопывающихся и пульсирующих кавитационных полостей в труднодоступных местах создаются микропотоки, обеспечивающие эффективное взаимодействие расплава с поверхностью, в то время как искусственные потоки (макропотоки) некавитационного происхождения приводят к образованию застойных зон в этих местах и, как следствие, недостаточному их насыщению активными элементами.

Эффективность воздействия кавитационных полостей на упрочнение труднодоступных мест, наряду с влиянием на ход химических реакций в расплаве и обновлением последнего у обрабатываемых поверхностей, видимо, можно объяснить и дополнительным воздействием давления, развивающегося при захлопывании пузырьков, способствуя также проникновению азота в металл.

Таким образом, дополнительная энергия высокочастотных колебаний в процессе карбонитрации способствует не только интенсификации процесса насыщения, но и позволяет качественно упрочнить труднодоступные участки деталей.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бельский С.Е., Вишневский В.Б., Сурус А.И. Повышение долговечности сложнагруженных деталей машин методом поверхностного упрочнения с использованием энергии мощного ультразвука. Мат. н.-т. конференции "Повышение технического уровня надежности и долговечности машин". -Мн.,1990.- С.126.
2. Довгялло И.Г., Бельский С.Е., Вишневский В.Б., Сурус А.И. Влияние высокочастотных механических колебаний на процесс упрочнения труднодоступных поверхностей деталей машин и тракторов.//Сб. научных тр.- Вышэйшая школа.-Мн.,1991.-Технология и оборудование заготовки и переработки древесины.-Вып.6.-С.13-15.
3. Лахтин Б.М., Коган Я.Д. Азотирование стали. - М.: Машиностроение, 1976.
4. Тявловский М.Д., Фастовец Е.П., Алефиренко В.М. Ультразвуковая очистка РЭА и приборов //Наука и техника,Мн.,1984.

УДК 647.817-14

В.Б. Снопков, доцент;  
И.А. Хмызов, ассистент;  
И.А. Пикулин, аспирант;  
С.М. Сахарук, студент

#### МОДИФИКАЦИЯ ДРЕВЕСНОЙ СТРУЖКИ ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКИМ ВОДНЫМ КОНЦЕНТРАТОМ В ПРОИЗВОДСТВЕ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ

The wood chips modification by polimetallic water concentrate in the production of particleboard is investigated.

Древесностружечные плиты изготавливают из низкокачественного древесного сырья, значительную часть которого составляют отходы лесо-