

Дудник В. В.  
Канивец А. В.  
Беловод А. И.  
Дудников А. А.

*Полтавская  
государственная  
аграрная академия*

**УДК 621.9**

## **К ВОПРОСУ НАПРЯЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ МАТЕРИАЛА ДЕТАЛЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ**

*Розглянуті питання зміни напруженого стану матеріалу деталей при їх обробці тиском.*

*Questions of change of a tension of a material of details are considered at their processing by pressure.*

К числу важных задач машиностроения и ремонтного производства относятся проблемы повышения надежности и долговечности как при изготовлении изделий, так и их восстановлении (ремонте), решение которых являются большим резервом снижения затрат на их эксплуатацию.

Возрастают требования к износостойкости, антифрикционным свойствам, сопротивлению ударным нагрузкам и усталостной прочности деталей. Это, в большинстве случаев, может быть достигнуто приданием их поверхностному слою необходимых физико-механических свойств при применении различных методов поверхностного пластического деформирования, которые являются наиболее эффективными методами упрочнения.

Проблемность обусловлена необходимостью выбора более эффективного метода восстановления и упрочнения изношенных деталей, а также разработки и применения технологических процессов их восстановления.

В результате упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием в их поверхностном слое происходят структурные изменения, повышается его твердость и прочность, образуются благоприятные остаточные напряжения сжатия, снижается шероховатость обрабатываемых поверхностей. Это, в свою очередь, способствует повышению надежности и долговечности деталей, сборочных единиц, машин.

На величину остаточных напряжений оказывают влияние продолжительность обработки, режимы вибрационного воздействия. Определение остаточных напряжений производилось методом послойного стравливания металла, измерения деформаций и расчета напряжений.

Исследования производились на плоских

образцах из стали 65Г в отожженном и закаленном состоянии.

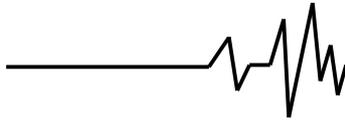
Для отожженных образцов напряжения у поверхности составили 100...120 МПа; глубина их залегания была в пределах 150...180 мкм. Закаленные образцы имели величину напряжений 40...42 МПа и глубину залегания 70...80 мкм.

При вибрационной обработке для отожженных образцов в поверхностных слоях возникают сжимающие остаточные напряжения. Изменение их является результатом воздействия множества микроударов вибрирующего рабочего органа на обрабатываемую поверхность и деформирования поверхностных слоев.

Для закаленных образцов в тонких поверхностных слоях (до 12 мкм) возникают значительные по величине сжимающие напряжения, переходящие в растягивающие напряжения. В области сжимающих остаточных напряжений их величина находится в пределах 90...185 МПа, которая возрастает с увеличением времени обработки; характерным является более плавный переход от сжимающих напряжений к растягивающим.

На характер распределения остаточных напряжений существенное влияние оказывает амплитуда колебаний обрабатывающего рабочего органа. Полученные результаты показали, что в поверхностных слоях отожженных образцов возникают сжимающие остаточные напряжения. При амплитуде  $A = 0,75$  мм остаточные напряжения составили 120 МПа, а при обработке с амплитудой  $A = 1,25$  мм – 220 МПа. Таким образом с увеличением амплитуды колебаний отмечается увеличение остаточных напряжений сжатия, что объясняется большей интенсивностью увеличения сил микроударов (усилия обработки).

Механизм формирования остаточных напряжений достаточно сложен. Для



исследования характера напряжений также использовался метод их определения по величине прогиба  $\delta$  плоского образца длиной  $l$  при одностороннем упрочнении. Величина прогиба плоского образца характеризует напряжения в поверхностном слое и глубину их залегания [1]:

$$\delta = \frac{3\sigma h_{\sigma} l (l - \nu)}{4EH^2 (l - 3h_{\sigma} / H)}$$

где  $h_{\sigma}$  – глубина деформирования остаточных напряжений;  $H$  – твердость материала образца;  $\sigma$  – величина остаточных напряжений.

Процесс вибрационного упрочнения сопровождается множеством локальных пластических деформаций глубиной, соизмеримой с высотой микронеровностей. При этом параметры шероховатости, твердость, модули  $E$ ,  $\nu$  претерпевают заметные изменения. Поверхностный слой образуется образованием многократно совмещенных пластических отпечатков, которые по мере обработки образуют сплошную равномерную структуру.

Вибрационное упрочнение характеризуется следующими этапами формирования остаточных напряжений.

В первый период (до 250 ударов) происходит формирование локальных напряжений. В следующий период (число ударов 400...500) расстояние между локальными зонами уменьшается обратно пропорционально количеству ударов. При этом возникают повторные частично совмещенные пластические отпечатки. В их зоне интенсивность значений остаточных напряжений снижается из-за повышения микротвердости.

В период повторных частично-совмещенных контактных деформаций формирование напряжений осуществляется за счет повышения плотности пластических отпечатков и вследствие медленного увеличения значения остаточных напряжений.

Вид материала оказывает существенное влияние на процесс образования остаточных напряжений. Исследования показали, что при увеличении предела прочности остаточные напряжения возрастают как при обычном, так и вибрационном деформировании.

Наличие в поверхностном слое металла макро- и микродефектов в сочетании с остаточными напряжениями растяжения и эксплуатационными нагрузками может приводить к значительному снижению прочности деталей и даже к возникновению неисправностей.

Проведенными исследованиями установлено, что на поверхности лезвия почвообрабатывающих органов возникают сжимающие остаточные напряжения, составляющие 80...185 МПа в зависимости от метода восстановления и упрочнения. На глубине 0,40...0,85 мм они переходят в растягивающие 70...150 МПа. На глубине 0,85...1,35 мм напряжения переходят в сжимающие, равные 45...95 МПа, уменьшающиеся до нуля на противоположной поверхности лезвия.

Одной из причин возникновения остаточных напряжений является неравномерность деформаций в радиальном направлении. При восстановлении деталей методом вибрационного упрочнения достигается более равномерная деформация и более мелкозернистая структура по сечению.

По мнению Т.С. Скобло [2] на деформируемой поверхности происходит накопление до 3% малых деформаций, которые вызывают перестройку дислокационной структуры. При этом образуются дислокационные сетки. По ним при каждом последующем этапе деформации осуществляется сдвиг и обеспечивается малая пластическая деформация не вызывающая разрушения. Этим и объясняется меньшая величина остаточных напряжений, возникающих в лезвии рабочих органов почвообрабатывающих машин, восстановленных методом вибрационного упрочнения.

Таким образом, формирование остаточных напряжений при вибрационно-упрочняющей обработке происходит под влиянием условий обработки и исходного состояния материала детали. При вибрационном воздействии рабочего инструмента на обрабатываемой поверхности образуются следы обработки, и по истечении определенного времени поверхностный слой приобретает новые свойства. Формирование поверхностного слоя осуществляется по всей поверхности одновременно и равномерно.

### Литература

1. Бабичев А.П. Основы вибрационной технологии. Изд. 2-е, переработанное и дополненное. – Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008. – 694 с.
2. Скобло Т.С. Прокатные валки из высокоуглеродистых сплавов. – М.: Металлургия, 1994. – 62 с.
3. Біловод О.І. Вібрації в технологічних процесах // Вібрації в техніці та технологіях. – Вінниця, 2005. – №3 (41). – С. 23-24.