

Дудников А. А.

Дудников И. А.

Беловод А. И.

**Полтавская  
государственная  
аграрная академия**

УДК 621.9 - 621.98

## УПРОЧНЕНИЕ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ВИБРАЦИОННЫМ МЕТОДОМ

*Розглянуті питання зміцнення металу деталей вібраційною обробкою в наведені теоретичні основи зміцнення.*

*The questions of strengthening of metal of details are considered by oscillation treatment in the resulted theoretical bases of strengthening.*

Данные применения упрочнения деталей пластическим деформированием свидетельствуют об эффективности вибрационного метода в повышении их износостойкости. При вибрационной обработке наряду с улучшением физико-механических свойств материала деталей достигается снижение себестоимости их восстановления и повышается их ресурс в процессе эксплуатации.

Воздействия вибрационных колебаний обрабатываемого инструмента на обрабатываемую поверхность деталей и создают предпосылки для улучшения качества обработки за счет изменения в их поверхностных слоях ряда физико-механических свойств. Указанные свойства оказывают существенное влияние на эксплуатационные характеристики деталей, сборочных единиц, машин, что представляет практический интерес исследования влияния режимов вибрационного деформирования на изменение свойств материала обрабатываемых деталей.

Процесс вибрационного деформирования может быть осуществлен по двум конструктивным схемам. При первом варианте, деталь, подлежащая восстановлению, находится в неподвижном состоянии, а вибрирующий рабочий инструмент перемещается с помощью гидросистемы и осуществляет процесс раздачи.

При втором варианте конструктивного исполнения вибрационной установки вибратор с закрепленным рабочим инструментом совершает колебания вокруг нейтрального положения. Матрица с деталью перемещается навстречу вибрирующему рабочему инструменту. Таким образом, происходит технологический процесс вибрационного

деформирования материала детали.

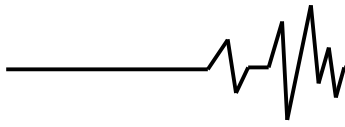
Такая схема конструкции вибрационной установки имеет два недостатка. Во-первых, перемещение роликов плиты вибратора по пластинам определенной кривизны создает дополнительный шум в процессе работы. Во-вторых, значительно труднее обеспечить центрирование рабочего инструмента с обрабатываемой деталью.

При первом варианте конструктивного решения вибрационной установки рабочий инструмент, совершая колебания с определённой амплитудой и частотой, контактирует с обрабатываемой поверхностью детали. Вследствие этих колебаний происходит ослабление контакта между рабочей поверхностью инструмента и обрабатываемой деталью, что способствует снижению силы трения.

Это, в свою очередь, способствует увеличению деформации в радиальном направлении детали (образца), вызывающему дополнительные напряжения растяжения по окружности. Появляются дополнительные продольные и тангенциальные напряжения растяжения в наружных слоях и напряжения сжатия в центральных.

В результате взаимодействия сил, действующих в контактных слоях, происходит механический наклеп, вызывающий упрочнение обрабатываемой поверхности.

Основными технологическими параметрами, влияющими на толщину упрочненного слоя, характер распределения и величину остаточных напряжений, шероховатость и микротвердость обработанной поверхности являются: материал и свойства материала обрабатываемой поверхности; размеры обрабатываемой поверхности и форма



рабочего инструмента; амплитуда и частота колебаний рабочего инструмента; припуск на обработку, вид смазки в зоне контакта; твердость материала рабочего инструмента; режим вибрационной обработки.

В процессе обработки работа деформации  $A_d$  без учета сил трения может быть определена по следующей зависимости:

$$A_d = \sigma_T \dot{I} 2\pi r h, \quad (1)$$

где  $\sigma_T$  - предел текучести материала обрабатываемой детали;  $\dot{I}$  - припуск на обработку;  $r$  и  $h$  - соответственно внутренний радиус обрабатываемой детали и её высота.

Силу трения  $T$  в процессе деформирования можно определить:

$$T = 2f\sigma_T r h \quad (2)$$

Тогда, работа сил трения по поверхности контакта:

$$A_T = \frac{4f\sigma_T \dot{I} 2\pi^2 r^2 h}{R-r}, \quad (3)$$

где  $R$  - наружный радиус обрабатываемой детали.

Зная значения обоих видов работ в процессе деформирования, можно определить усилие обработки по следующей зависимости:

$$P = \frac{A_d + A_T}{\dot{I}} = \sigma_T 2\pi^2 h + \frac{4f\sigma_T \dot{I} 2\pi^2 r^2 h}{R-r} \quad (4)$$

По величине усилия обработки можно найти удельное давление, которое влияет на глубину наклёпанного слоя, т.е. на степень упрочнения, в значительной мере зависящей от величины смещения материала обрабатываемой поверхности детали. При вибрационном деформировании вследствие ослабления контакта рабочего инструмента с обрабатываемой поверхностью уменьшается сила трения, что вызывает уменьшение смещения материала в доль обрабатываемой поверхности и повышение величины деформации в радиальном направлении.

В результате возникают дополнительные напряжения растяжения по окружности, что способствует большему перемещению металла в прилегающих контактных слоях. В результате при вибрационном деформировании происходит большее уплотнение контактных слоев металла деформируемой поверхности детали и большее упрочнение по сравнению с обычной раздачей.

Экспериментально установлено влияние основных параметров вибрационного

технологического процесса на толщину упрочненного слоя металла, изменение размеров образцов, величины налипания металла на поверхность рабочего инструмента, микротвердость и шероховатость обработанной поверхности, остаточные напряжения.

Установлено значение оптимальной скорости вибрационного деформирования образцов, при которой обеспечивается максимальная толщина упрочненного слоя, минимальное количество налипаемого металла на поверхность рабочего инструмента.

Выявлена зависимость для определения с достаточной точностью толщины упрочненного слоя металла при вибрационной обработке:

$$a = K_1 \sqrt{\frac{\sigma_T \dot{I} K_2 K_3 l_{\text{eii}} h_{\text{eii}}}{HRC \cdot m}}, \quad (5)$$

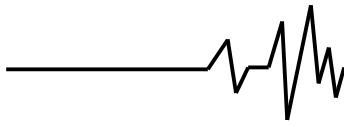
где  $a$  - толщина упрочненного слоя металла;  $K_1 = 1,05 \dots 1,17$  - коэффициент, зависящий от частоты колебаний рабочего инструмента;  $K_2 = D/d$  - коэффициент зависящий от первоначальных наружного  $D$  и внутреннего  $d$  диаметров детали;  $K_3 = D_1/d_1$  - коэффициент, определяемый отношением наружного  $D_1$  и внутреннего  $d_1$  диаметров детали после обработки;  $l_{\text{eii}}$  и  $h_{\text{eii}}$  соответственно длина и высота поверхности контакта;  $HRC$  - твердость материала детали;  $m$  - масса металла, сдвигаемого на торец образца в процессе обработки.

Экспериментально установлено влияние высоты калибрующей части рабочего инструмента на шероховатость обработанной поверхности (табл.1).

Таблица 1

Изменение параметра шероховатости  $R_z$  обработанной поверхности

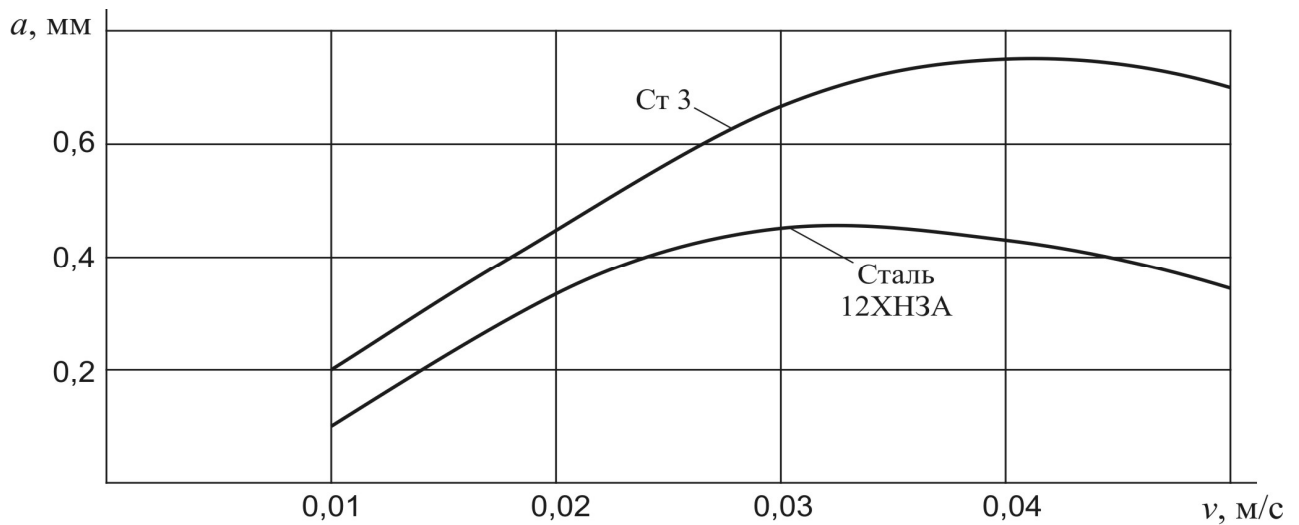
Высота калибрующей части пуансона, мм	Вибрационное деформирование	Обычное деформирование
	Параметр $R_z$ , мкм	Параметр $R_z$ , мкм
2	7	12
3	6	9
4	4	8,6
5	5	12
6	5,9	14,5



Как видно из таблицы, наиболее высокое качество обработанной поверхности имеет место при высоте калибрующей поверхности рабочего инструмента  $h=4\text{мм}$  как при обычном,

так и вибрационном деформировании.

Скорость деформирования оказывает существенное влияние на толщину упрочненного слоя (рис.1).



**Рис. 1. Изменение скорости обработки на величину упрочнения при  $\Pi = 0,7\text{мм}$**

Вибрационно – упрочняющая обработка позволяет:

упрочнять поверхности деталей из высоколегированных сталей без термической обработки за счет получения при обработке мелкозернистой структуры обработанной поверхности;

повысить качество обработанной поверхности и снизить коэффициент трения сопрягаемых деталей;

производить упрочняющую обработку различных деталей сельскохозяйственной техники.

#### **Литература**

1. Бабичев А.П. Основы вибрационной технологии. Ростов на Дону. ДГТУ. 1993. -98с.
2. Афтаназів І.С. Використання вібрацій для зміцнення деталей// Вибрації в техніці і технологіях. №1. Вінниця, 1995. С.27-34.