



Беловод А. И.
Горбенко А. В.
Яхин С. В.
Дудников А. А.

Полтавская
государственная
аграрная академия

УДК 621.9 – 621.98

УПРОЧНЯЮЩАЯ ОБРАБОТКА МАТЕРИАЛА ВИБРАЦИОННЫМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

Розглянутий механізм пластичної деформації при різних видах обробки і їх впливу на якість оброблюваного матеріалу відновлюваних деталей.

The mechanism of flowage is considered at the different types of treatment and their influence on quality of the processed material of refurbishable details.

Использование высокопрочных материалов при изготовлении деталей машин, а также интенсификация процессов металлообработки при их восстановлении выдвинули на первый план вопросы использования вибрации при обработке давлением.

Вибрационная обработка представляет собой механический или химико-механический процесс съема частиц материала с обрабатываемой поверхности, а также сглаживание микронеровностей путём их пластического деформирования.

Вибрационные технологические процессы сопровождаются последовательным нанесением на обрабатываемую поверхность детали большого числа микроударов, сообщаемых рабочему инструменту либо обрабатываемой детали.

Вибрационная обработка и соответствующие машины и оборудование за последнее время довольно широко применяются в различных областях народного хозяйства. Вибрационные методы обработки способствуют интенсификации целого ряда процессов, повышают уровень механизации и автоматизации многих трудоёмких работ. Вибрационная обработка является новым и прогрессивным направлением в технологиях машиностроения, возможности которого и область применения ещё не полностью выявлены.

Метод вибрационной обработки является весьма перспективным особенно на упрочняющих и шлифовально-полировочных технологических операциях. Интенсивность вибрационной обработки зависит от целого ряда факторов: механических свойств материала обрабатываемых деталей, их размеров, формы, режимов обработки и др. Основными параметрами вибрационно-технологического процесса являются: возмущающая сила, амплитуда, частота и

скорость рабочего инструмента и др.

Основой вибрационного упрочнения является динамический характер процесса обработки, который сопровождается множеством микроударов обрабатывающего инструмента или частиц рабочей среды по обрабатываемой поверхности деталей. При этом обеспечивается пластическое деформирование поверхностного слоя следствием чего является образование сжимающих остаточных напряжений, повышение микротвёрдости, уменьшение шероховатости обрабатываемой поверхности. Качество вибрационной обработки в ряде случаев можно оценивать по интенсивности сдвига металла на торец обрабатываемой детали. Как показали исследования, с увеличением амплитуды сдвиг металла растёт, что может быть объяснено увеличением сил микроударов на обрабатываемую поверхность (рис. 1).

$q, \text{гр}$

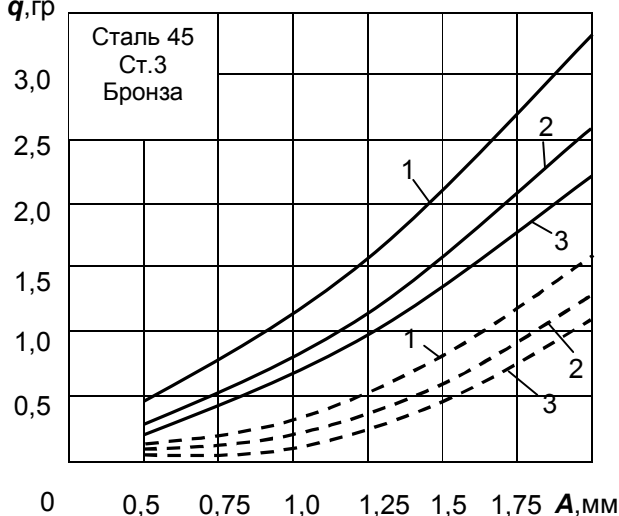
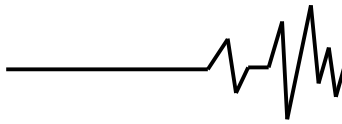


Рис. 1. Изменение количества сдвигаемого на торец образца металла: – обычная обработка; --- вибрационная обработка; 1 – Бронза; 2 – Ст.3; 3 – Сталь 45



Значительное влияние на сдвиг металла на торец обрабатываемого образца оказывают величина припуска на обработку Π (рис. 2) и угол уклона обрабатывающего инструмента β (рис.3).

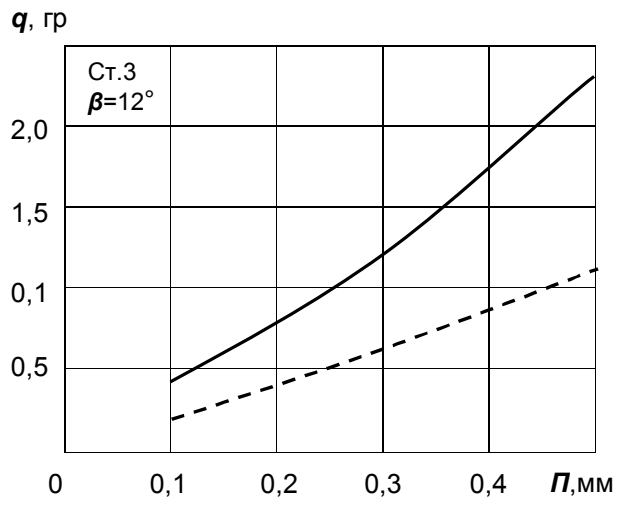


Рис. 2. Изменение количества сдвигаемого на торец образца металла: – обычная обработка; - - - вибрационная обработка

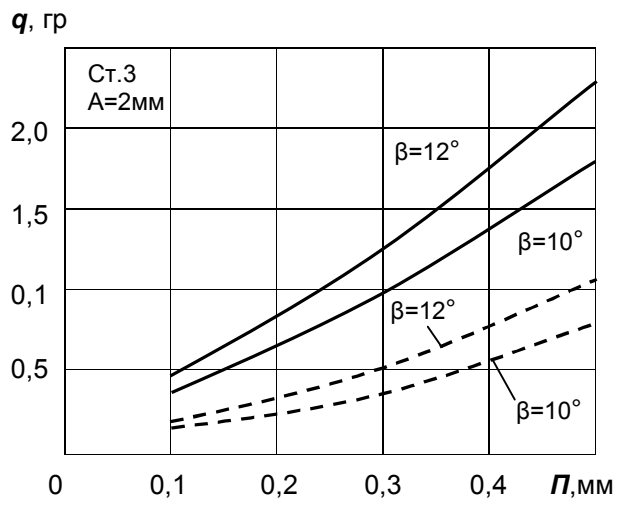


Рис. 3. Изменение количества сдвигаемого на торец образца металла: – обычная обработка; - - - вибрационная обработка

Вибрационная обработка (деформирование) снижает величину деформации в направлении движения пуансона и увеличивает её значение в радиальном направлении, т.е. повышает пластичность обрабатываемого материала. Пластическая деформация с точки зрения дислокационной теории является не только результатом перемещения под нагрузкой

линейных, винтовых и точечных дефектов кристаллической решётки обрабатываемого материала, но и способом изменения его формы и свойств.

В ряде случаев придание нужных свойств материалу деталей машин пластической деформацией является главным с точки зрения повышения их надёжности и долговечности.

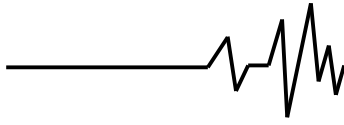
Основным механизмом пластической деформации является скольжение, т.е. сдвиг по плоскостям максимальных касательных напряжений. На пластичность оказывает влияние целый ряд факторов: состав и структура обрабатываемого материала, скорость деформирования и температура, размеры обрабатываемой детали и используемая схема деформации.

Для анализа процессов обработки металлов давлением С.И.Губкиным [1] было введено понятие механической схемы деформации, являющейся совокупностью главных напряжений и деформаций. Разрушение материала после пластической деформации происходит вследствие отрыва элементарных частиц в результате достижения нормальными напряжениями критического значения.

На пластичность оказывает влияние не только схема главных напряжений, но и абсолютная их величина, которая характеризуется средним давлением. Чем больше абсолютная величина среднего давления сжатия, тем выше пластичность. Это можно объяснить тем, что при высоком давлении металл уплотняется, всевозможные нарушения целостности ликвидируются, межкуристаллическая деформация затрудняется, а внутрикристаллическая облегчается, что увеличивает пластичность и сопротивление деформации. Известно, что чем меньшую роль в схеме главных напряжений играют растягивающие напряжения и чем большую – играют сжимающие, тем большую способность к пластической деформации проявляет металл.

Пластичность определяется прежде всего не свойством материала, а его состоянием: даже непластичный по природе металл можно привести в пластическое состояние при соответствующей схеме деформации.

Появление пластической деформации происходит при достижении касательного напряжения определённой величины, соответствующей максимальному значению при угле выхода линий скольжения на свободную поверхность равным 45° , что может



быть обеспечено при вибрационном характере нагружения в момент отрыва инструмента от поверхности обрабатываемого материала.

При вибрационном деформировании в результате нагружения пульсирующей нагрузкой происходит дробление зёрен обрабатываемого материала и обеспечивается их ориентированность по отношению направления приложенного усилия. При этом происходит увеличение зёрен, плоскости скольжения которых расположены под углом 45° к направлению усилия. В них создаются условия для пластической деформации скольжения, так как касательные напряжения достигают наибольшего значения.

Пластичность определяется не только характером расположения линий скольжения, но и наличием мест с ослабленными связями, обусловленными несовершенством кристаллической решётки, т.е. дислокациями. Дислокации под действием сдвигающих напряжений могут перемещаться вдоль плоскостей скольжения. Перемещаясь, дислокации вызывают смещение всех атомов вдоль плоскостей скольжения, увеличивая тем самым величину деформации.

В работе показано, что усилие, необходимое для пластической деформации кристалла, определяется двумя факторами: наличием дислокаций и возможностью их перемещения.

При обычном деформировании происходит эстафетная передача скольжения от одного кристалла к другому. Линии скольжения появляются в зонах, благоприятно ориентированных по отношению к приложенному напряжению. Сначала деформируются зёрна, плоскости скольжения которых расположены под углом 45° по отношению к направлению действующей силы. Такие зёрна вызывают деформирование других зёрен с менее благоприятно ориентированной решёткой.

Особенности в развитии линий скольжения при вибрационном деформировании состоят не только в снижении сил контактного трения, но и в изменении поведения дислокаций в результате специфического воздействия. Особенностью деформации материала при вибрационном нагружении обусловлено проявление инерционных свойств и снижение сопротивления от сил трения на контактной поверхности обрабатываемого инструмента с деталью.

Поскольку при вибрационных колебаниях активизация дислокаций происходит практически во всех зёрнах, прилегающих к

поверхности, то процесс скольжения совершается почти одновременно во всех кристаллитах [2].

Различные дефекты строения кристалла (искажение решётки, включения) создают препятствия перемещению дислокаций. Значительные препятствия представляют и границы зёрен. Скопление дислокаций затрудняет зарождение новых дислокаций. При вибрационном деформировании в результате раздробления зёрен (формирование блоков зёрен) протяжённость их границ увеличивается и тем самым возникает больше зон скопления дислокаций. Этим можно объяснить механизм упрочнения.

При такой обработке создаются условия как для беспрепятственного движения дислокаций, так и для образования новых.

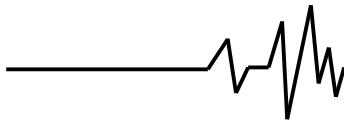
Увеличение степени деформации обрабатываемого материала, вызывает уменьшение пути пробега дислокаций и, следовательно, увеличение их плотности и взаимодействия. Сплетения дислокаций (клубки) создают препятствия продвижению остальных дислокаций, что приводит к упрочнению и формированию полос скольжения.

При вибрационной обработке периодически происходит отрыв поверхности рабочей части инструмента от обрабатываемой поверхности детали. При этом происходит микропроцесс разгрузки контактируемых поверхностей инструмента и детали. Динамическое воздействие возрастает с увеличением таких параметров, как амплитуда и частота колебаний.

Как показывают проводимые исследования, наибольшее воздействие вибрационной обработки наблюдается в приконтактных слоях обрабатываемой поверхности. Формирование поверхностного слоя в процессе вибрационного деформирования зависит от формы и размеров обрабатываемого инструмента, что в зависимости от требований, предъявляемых к детали, определяется проведением специальных исследований.

Вибрационное упрочнение является универсальным методом упрочняющей обработки особенно для деталей, работающих в абразивных средах: рабочие органы почвообрабатывающих машин, свеклоуборочных комбайнов, картофелеуборочных машин и др.

Износостойкость поверхности деталей, подвергнутых вибрационному упрочнению, в значительной мере определяется глубиной упрочнённого слоя.



В литературе отсутствуют конкретные рекомендации по определению её значения. Некоторые авторы [3, 4] рекомендуют определять глубину наклёпа по формуле:

$$a_i = \sqrt{\frac{D}{2\hat{\epsilon}_2\sigma_s}}, \quad (1)$$

где P – необходимая сила деформирования; k_2 – поправочный коэффициент; σ_s – предел текучести при растяжении.

Ряд авторов [5,6] предлагают глубину наклёпа определять по следующей зависимости:

$$a_H = k_1 a (1,54 - 0,001 HB), \quad (2)$$

где k_1 – поправочный коэффициент; $a = 1,5d$ – глубина наклёпанного слоя при однократном динамическом вдавливании; d – диаметр пластического отпечатка; HB – твёрдость обрабатываемого материала.

Однако, как отмечают авторы, определённую сложность вызывает нахождение коэффициента k_1 .

Имеющиеся в литературе данные свидетельствуют о том, что процесс вибрационного упрочнения обрабатываемых поверхностей деталей недостаточно изучен. Нет конкретной теории этого процесса, а имеются лишь некоторые объяснения явлений, связанных с деформированием при пульсирующей нагрузке.

Обобщая известные публикации, преимущества метода вибрационного деформирования сводятся к следующему:

1. При такой обработке существенно меняются условия контактного трения в связи с разрушением связи между поверхностями детали и инструмента в момент ослабления контакта между ними.

2. Происходит изменение характера упрочнения материала обрабатываемой поверхности в результате затормаживания части дислокаций и их воздействие на источники дислокаций в соседних плоскостях скольжения.

Вместе с тем в литературе приводятся порой противоречивые данные о влиянии вибрационной обработки на структуру материала обрабатываемых деталей.

Отсутствуют единые рекомендации выбора оптимальной формы и размеров

рабочего инструмента. Нет достаточного объяснения поведению различных материалов при вибрационном нагружении. Не выявлены закономерности по определению усилия воздействия в зависимости от режимов обработки, размеров рабочего инструмента и обрабатываемых деталей. Слабо изучен вопрос о влиянии упрочнения материала обрабатываемых деталей, работающих в абразивной среде; недостаточно освещены вопросы влияния вибрационной обработки на повышение долговечности рабочих органов сверлооборочных машин.

Несмотря на то, что практика выдвигает всё новые и новые задачи использования механических колебаний при упрочнении поверхности деталей, изучение этого технологического процесса ведётся, ещё недостаточно.

Представляет практический и теоретический интерес проведение дальнейших исследований по вибрационному упрочнению деталей машин, работающих в особо нагруженных условиях, для поиска путей повышения их долговечности и надёжности.

Литература

1. Губкин С.И. Пластическая деформация деталей. – М.: Металлургиздат, 1961. – 376с.
2. Скобло Т.С. Анализ факторов влияющих на определение связи твёрдость-коэрцитивная сила / Т.С. Скобло, А.И. Сидашенко, М.В. Марченко// Сб. ХДТУСГ. Вып. 39. – Харьков: 2005. –С.264 – 270.
3. Downham E. Vibration in rotating Machinery: malfunction diagnosis – artand science. Proc. Ant. Vibration in Rotating Machinery, London. – 1986. – p.1-6.
4. Кудрявцев Н.В. Влияние кривизны соприкасающихся поверхностей на глубину пластической деформации при упрочнении наклёпом/ Кудрявцев Н.В., Петушков Г.Е.–М.: Машиностроение, 1986. – 146с.
5. Клименко В.М. Вибрационная обработка металлов давлением/ Клименко В.М. Шаповал В.И. . –К.: Техника, 1987. – 128с.
6. Петренко С.И. Исследование поверхностного слоя металла пластическим деформированием. – М.: Машиностроение, 1990. – 370с.