

двадцати и в зависимости от тех или иных конкретных экономических условий их необходимо использовать в чистом или комбинированном сочетании. Реализация подобных форм сотрудничества в сфере внешнеэкономической деятельности позволит вывести экономику Республики Беларусь на новый качественный уровень.

ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ИХ ВОССТАНОВЛЕНИИ

*А.А. Дудников, к.т.н., профессор, А.И. Беловод, к.т.н., доцент,
А.В. Канивец, ассистент, В.В. Дудник, ассистент
Полтавская государственная аграрная академия (г. Полтава, Украина)*

Рабочие органы сельскохозяйственных машин в результате трения их поверхностей с обрабатываемой средой изнашиваются, что приводит к повреждению машин и их сборочных единиц. Для повышения их ресурса применяют целый ряд методов восстановления, одним из которых является метод поверхностного пластического деформирования.

Повышение долговечности деталей поверхностным пластическим деформированием обеспечивается за счет появления в обрабатываемом материале сжимающих остаточных напряжений, оказывающих благоприятное воздействие на его прочностные характеристики.

Общее остаточное формоизменение обрабатываемого тела складывается из пластической деформации составляющих его зерен (изменения их формы, числа и размеров) и их относительного смещения. Деформация отдельных зерен осуществляется за счет линий скольжения, пересекающихся друг с другом под углом 90° и совпадающих с траекториями максимальных контактных напряжений. Поскольку плоскости скольжения в отдельных зернах произвольно ориентированы в пространстве, то пластическая деформация начинается не одновременно во всех зернах: в первую очередь пластическая деформация возникает в зернах с наиболее благоприятной ориентировкой плоскостей скольжения. Остальные зерна деформируются упруго и могут получать лишь относительное смещение.

При обычном деформировании ввиду постоянного контакта обрабатываемой инструмента с обрабатываемым металлом траектории максимальных касательных напряжений располагается под углом 90° к обрабатываемой поверхности. При вибрационном деформировании вследствие отрыва инструмента от обрабатываемой поверхности этот угол составляет 45° . В процессе вибрационного деформирования этот угол будет изменяться от 45° до 90° и в момент отрыва инструмента усилие будет направлено к направлению его движения под большим углом, что способствует увеличению деформации. Это, в свою очередь, вызывает большее уплотнение обрабатываемого материала.

На контактной поверхности действуют нормальные сжимающие напряжения σ_z по оси Z (направление движения рабочего инструмента) и нормальное напряжение сжатия σ_x по оси X .

Вертикальное напряжение, исходя из уравнения пластичности, может быть определено:

$$\sigma_z = 5,14 k, \quad (1)$$

где $k = \frac{\sigma_s}{\sqrt{3}}$.

Подставляя значение величины k в уравнение (1) получаем

$$\sigma_z = \frac{5,14 k}{\sqrt{3}} \sigma_s \approx 2,97 \sigma_s. \quad (2)$$

Выражение (2) представляет удельное усилие обработки p . Полное усилие деформирования определяется умножением удельного усилия p на площадь F инструмента с обрабатываемой поверхностью:

$$P = p \cdot F = 2,9 \sigma_s \cdot F. \quad (3)$$

Вследствие отрыва обрабатывающего инструмента от обрабатываемой поверхности при вибрационном деформировании трение между ними отсутствует и нормальное напряжение σ_z

на основании теории пластичности составляет $1,15\sigma_s$. Следовательно, при вибрационном деформировании напряжение снижается по сравнению с обычной обработкой в 2,57 раза.

Технологическими параметрами, оказывающими определяющее влияние на основные показатели качества упрочняющей обработки деталей (толщину упрочненного слоя, характер распределения и величину остаточных напряжений в поверхностном слое, шероховатость обработанных поверхностей, поверхностную микротвёрдость), при вибрационном упрочнении, являются:

- физико-механические свойства материала обрабатываемых деталей;
- исходная шероховатость подвергаемых упрочнению поверхностей деталей;
- скорость перемещения обрабатывающего инструмента;
- форма обрабатывающего (рабочего) инструмента;
- частота и амплитуда колебаний рабочего инструмента;
- время обработки (деформирования) и др.

При обработке металлов пластическим деформированием происходят деформации, когда в процессе обработки изменяются размеры обрабатываемых образцов (деталей). Полная деформация определяется как сумма малых деформаций за весь процесс деформирования. В расчетах применяют различные величины характеризующие деформацию: степень деформации, смещенный объём, скорость деформации. Выбор характеристики деформации определяется требуемой точностью расчёта и удобствами вычисления.

При деформировании образца, имеющего форму параллелепипеда, деформированное состояние характеризуется тремя главными деформациями: двумя деформациями растяжения по осям X и Y и деформацией сжатия в направлении действия силы (по оси Z). Степени деформаций по указанным направлениям определяются следующими выражениями:

$$\delta_x = \ln \frac{x_\delta}{x_u}; \quad \delta_y = \ln \frac{y_\delta}{y_u}; \quad \delta_z = \ln \frac{z_\delta}{z_u}, \quad (4)$$

где индексы означают: u — исходный, а δ — деформированный.

Индексы x , y , z при обозначении δ показывают, по направлению какой координатной оси рассматривается деформация.

Поскольку рассматриваемый образец подвергается сжатию, то деформация δ_x и δ_y будут положительными (увеличение размера), а деформация δ_z будет отрицательная (уменьшение размера). При пластической деформации алгебраическая сумма логарифмических степеней деформации по трём взаимно перпендикулярным направлениям равна нулю.

Произведения объёма V сдвигаемого металла при обработке давлением на логарифмические степени деформации δ представляют собой смещенные объёмы по соответствующим направлениям x , y , z . Рассмотрим изменение смещенного объёма вдоль оси Z , т.е. в направлении действия усилия обработки.

В процессе деформирования по оси Z происходит уменьшение высоты деформируемого образца в каждый момент времени на величину Δ_z . Степень деформации и смещенный объём могут быть выражены не только через линейные размеры, но и через площади сечений, нормальных к оси ординат, в направлении которой рассматриваются указанные величины:

$$\delta_z = -\ln \frac{F_\delta}{F_u}; \quad \varepsilon_z = -\frac{\Delta_z}{F_\delta}. \quad (5)$$

Процесс деформирования обрабатываемого материала характеризуется также скоростью деформации, определяемой изменением степени деформации или относительного смещения объёма в единицу времени:

$$\delta = \frac{d\delta}{dt} = \frac{1}{V} \cdot \frac{dV_c}{dt} \quad (6)$$

или

$$\xi = \frac{d\xi}{dt}. \quad (7)$$

От скорости деформации (размерность c^{-1}) следует отличать скорость движения деформирующего инструмента, т.е. скорость деформирования (м/с). При одной и той же ско-

рости деформирования скорость деформации может быть различной в зависимости от вида деформирования, размеров деформируемого тела, режима обработки.

Исследованиями установлено, что упрочнение металлов тем больше, чем выше скорость деформирования. Сопротивление деформации σ_d описывается уравнением:

$$\sigma_d = \sigma_0 \varepsilon^{\frac{a}{\omega}}, \quad (8)$$

где σ_0 — условный предел текучести; ε — величина, зависящая от материала, в среднем равная 0,48; a — величина, зависящая от материала и температуры; ω — скорость деформации, равная:

$$\omega = \left(\frac{h_0 - h}{h_0} \right) \cdot \frac{100}{t}, \quad (9)$$

где h_0 и h — соответственно начальная и текущая высота образца; t — время деформирования (обработки).

Влияние скорости деформации на сопротивление металла деформированного в формуле (8) учитывается показателем $\varepsilon - \frac{a}{\omega}$.

Определение сопротивления деформации σ_d по указанной зависимости представляет определённую трудность в виду сложности нахождения коэффициентов a и ε .

С.Н. Губкин предлагает следующую аналитическую зависимость напряжения текучести от скорости деформации при заданной температуре и степени деформации:

$$\sigma_s = \sigma_{s0} + n \ln \frac{\varepsilon}{\varepsilon_0}, \quad (10)$$

где σ_s и σ_{s0} — напряжения текучести соответственно при скоростях деформации ε и ε_0 ; n — константы, определяемые экспериментально.

Некоторые авторы предлагают при обработке образцов из мягких материалов принимать скорость деформирования в пределах 2–5 м/мин, а из более прочных — 5–8 м/мин.

В литературе имеются некоторые противоречивые данные о влиянии амплитуды колебаний обрабатывающего органа — инструмента на прочностные показатели обрабатываемого материала в зависимости от скорости деформирования и степени деформации. Все это требует проведения дополнительных экспериментальных исследований по выявлению режимов обработки на характер вибрационного деформирования.

ЛИНЕЙНЫЕ СЕКВЕНЦИАЛЬНО НЕПРЕРЫВНЫЕ ОТОБРАЖЕНИЯ

*Зарур Тауфик, профессор
Университет аль-Баас (Сирия)*

С развитием методов абстрактного функционального анализа растет его приложение в разных областях математики как математической физики, математической экономики и инженерного строительства. В этой работе мы рассматриваем свойства линейных секвенциально непрерывных отображений, определенных в бесконечномерных топологических функциональных пространствах и используемых в исследовании интеграла Бохнера (Bochner) и измеримых и интегрируемых по Бохнеру функций. Такие исследования применяются в теории дифференциальных уравнений и задачах оптимального управления. Результаты этой работы новые и имеют продолжение.

Введем некоторые классы линейных секвенциально непрерывных отображений и их свойств, которые играют важную роль в теории дифференциальных уравнений в топологических функциональных пространствах.

Линейные секвенциально непрерывные отображения.

$$L: E \rightarrow F$$

Линейное, т.е.