

## АНАЛИТИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНТАКТНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ И ТЕПЛОТЫДЕЛЕНИЯ ПРИ НАНЕСЕНИИ Порошковых покрывтий прокаткой

Среди большого многообразия способов нанесения покрытий из порошковых материалов одним из самых производительных и неэнергоемких способов является совместная прокатка в валках металлической основы в виде полосы и порошкового материала, наносимого на основу покрытия. Для получения надежного соединения покрытия с основой между валками пропускают импульсный электроток, разогревающий межвалковое пространство. Качество получаемого покрытия зависит от величины контактных напряжений и величины температуры в зоне совместной деформации порошка и основы. Поэтому определение этих параметров является достаточно актуальной задачей.

В результате исследований получены зависимости, позволяющие оценивать величину контактных напряжений со стороны порошкового слоя. Дуга контакта валка с порошком условно разделена на три зоны: на первой зоне происходит уплотнение порошка на пластически не деформируемой полосе, где действуют контактные напряжения  $P_1$ ; на второй зоне осуществляется совместная пластическая деформация прокаткой спрессованного порошка и полосы при отставании скорости полосы от валков с контактными напряжениями  $P_2$ ; на третьей зоне присутствует состояние аналогичное второй зоне, но при опережении, этой зоне соответствуют контактные напряжения  $P_2$ . Зависимости имеют вид:

$$P_1 = \beta \left( \frac{h_g \rho_g}{h} \right)^m \left[ \left( \sigma_s + \sigma_{oc} \frac{m-1}{S-m} \right) \left( \frac{h}{h_p} \right)^\delta - \sigma_{oc} \frac{m-1}{\delta-m} \left( \frac{h}{h_p} \right)^m \right];$$

$$P_2 = \beta \sigma_{sk} \left( \frac{h_p}{h_g} \right)^{\delta_1} + \beta \sigma_{on} \rho_n^m \frac{m}{m+\delta_1} \left[ \left( \frac{h_n}{h_p} \right)^m - \left( \frac{h_n}{h_g} \right) \left( \frac{h_p}{h_g} \right)^{\delta_1} \right];$$

$$P_3 = \beta \sigma_{on} \left[ \frac{m}{m-\delta^1} \left( \frac{h_n}{h_p} \right)^m - \frac{\delta^1}{m-\delta^1} \left( \frac{h_n}{h_g} \right)^{\delta_1} \right];$$

$$\delta = \frac{f + f_1}{2tg \left( \frac{\alpha_p - \alpha_g}{2} \right)}; \delta^1 = \frac{R(f + f^1)}{(h_g - h_n)}$$

$$\sigma_{0-} = \sigma_s + \frac{\rho_g \cdot a \cdot (h - h_g)^n}{2h^n};$$

$$\sigma_{0n} = \sigma_s + \frac{\rho_n \cdot a \cdot (h_g - h_n)^n}{h^n};$$

где  $h$  - высота насыпки слоя порошка на полосу на входе в валки;

$h_g$  и  $\rho_g$  - высота слоя и плотность порошка в момент начала пластической деформации подложки;

$h_n$  - высота слоя порошкового покрытия;

$\rho_n$  - плотность покрытия;

$\sigma_s$  - предел текучести материала порошка;

$\sigma_{тп}$  - сопротивление деформации порошка после прокатки;

$\sigma_{sk}$  - предел текучести материала полосы;

$m$  - показатель интенсивности уплотнения порошка;

$h_{\phi}$  - изменяемый параметр, определяющий текущее значение высоты слоя;

$a_m$  и  $n$  - эмпирические коэффициенты для определения сопротивления материала, упрочняемого при наклепе;

$f$  и  $f_1$  - коэффициенты внешнего трения порошка о поверхность вала и о поверхность полосы;

$\beta$  - коэффициент Лоде;

$\alpha_p$  и  $\alpha_g$  - углы, определяющие положение в очаге деформации сечений порошка, высотой  $h$  и  $h_g$  соответственно.

Зависимости для  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$  проверены экспериментально путем измерения усилия прокатки и пересчета этой величины через  $R_1$ ,  $R_2$  и  $R_3$ . Погрешность не превышает 11%.

Для определения температуры в зоне деформации  $T$  от действия пропускаемого электротока получена зависимость;

$$T = \frac{I^2 \cdot t \cdot (\rho_e \cdot (\sqrt{\sigma_m / p} - 1) (1 - T / T_m) + 2\rho_p \cdot l / s)}{4 \cdot m \cdot \gamma_c \cdot s \cdot \sqrt{a \cdot t}}$$

где  $I$  - сила тока;

$t$  - время взаимодействия;

$\rho_e$  - удельное электросопротивление материала;

$P$  - давление в очаге деформации;

$\sigma_m$  - предел текучести материала;

$T_{пл}$  - температура плавления материала;

$l$  - длина дуги контакта с валком;

$S$  - площадь контакта материала с валком;

$\gamma_c$  - энтальпия материала;

$\rho_{cp}$  - среднее удельное электросопротивление материала;

а - коэффициент температуропроводности.

Полученные зависимости позволяют проектировать и интенсифицировать процесс нанесения износостойких защитных и других порошковых покрытий с помощью прокатки порошка и металлической основы.

Францкевич В.А., Кожевникова Г.В., Бойко Н.М., Тарарук А.И.  
ФТИ НАНБ

г. Минск, Беларусь

## **НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКИХ ОСЕЙ ТРАНСПОРТЕРОВ ЖИВОТНОВОДЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**

Обеспечение выпуска конкурентоспособной продукции с гарантированными рынками сбыта является – одна из главных задач промышленного комплекса Республики Беларусь. В Физико-техническом институте НАНБ разработана новая технология изготовления осей транспортеров животноводческих комплексов, обеспечивающая коэффициент использования металла 0,9, повышение производительности труда на 25-30%, увеличение прочности цепи на 14%, уменьшение износа цепи на 30%.

Технология включает пластическое формообразование изделия методом поперечно-клиновой прокатки на автоматизированном комплексе конструкции ФТИ НАНБ и последующее поверхностное упрочнение с использованием индукционного нагрева штучных поковок.

Использование поперечно-клиновой прокатки в качестве основной формообразующей операции улучшают прочностные свойства полученных изделий на 14-16%. В то время как механические свойства прокатного материала, взятого из середины прокатанного изделия, соответствуют свойствам исходного. Поверхностная закалка готового изделия на глубину 2,5-2,8 мм дает твердость поверхностного слоя  $48 \div 50 \text{ HRC}_2$ , в сочетании с вязкой сердцевиной, обеспечивая тем самым высокую стойкость к абразивному износу и усталостную прочность.

С целью выявления преимуществ разработанной технологии были проведены испытания износостойкости осей, изготовленных из стали 40Х с применением различных технологий.

Испытания проводились по разработанной ускоренной методике, заключающейся в следующем: к "шейке" вращающейся оси прикладывается дозированное усилие, обеспечивающее истирание