

Таким образом, установлено, что у образцов из стали ВМС 110Г13Л, упрочненных СИО, характеристики прочности увеличились в 1,8...2 раза, показатели пластичности – на 25...30% по сравнению с термообработанными образцами.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ МЕХАНИЗМОВ УПРОЧНЕНИЯ МЕТОДОМ ПОВЕРХНОСТНОЙ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ

Тетерин А.В., Дашков И.С.

*Муромский институт, филиал  
ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный  
университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», Муром,  
e-mail: teterin-rae2014@yandex.ru*

Упрочнение поверхностно-пластической деформацией (ППД) обусловлено разнообразными по физической природе явлениями, которые определяются условиями нагружения детали и оцениваются следующими параметрами: степенью и глубиной упрочнения, микроструктурой, твердостью, пределом усталости и временным сопротивлением, ударной вязкостью и т.д. Увеличение прочности металла связано с формируемой дислокационной структурой. Характер этой структуры зависит от типа кристаллической решетки, степени упрочнения (пластической деформации) и температуры деформирования. Энергия при статико-импульсном взаимодействии поглощается металлом, часть которой проявляется в форме деформационного упрочнения. Последнее представляет собой сопротивление металла его дальнейшему деформированию. Количественно его определяем измерением твердости при внедрении. Наиболее интенсивное упрочнение достигается на ранних стадиях деформации. Как и можно было ожидать, максимальное возрастание твердости достигается там, где деформа-

ция была наибольшей. Распределение твердости от поверхности по глубине для упрочнения статико-импульсной обработкой (СИО) образцов из высокомарганцовистой стали (ВМС) характеризуется достаточно равномерным убыванием. Это связано с течением зерен, которое сочетается с двойникованием, весьма интенсивным у поверхности и затухающим на некотором расстоянии от поверхности. Металлографические исследования образцов, упрочненных СИО, показали наличие площадок постоянной твердости, которые связаны определенным образом с распределением ударных двойников. Обнаружена зависимость между максимальным числом направлений двойников в отдельном зерне и положением площадки твердости. Число направлений уменьшается при переходе на каждую следующую площадку. Так, металлографические исследования показали, что наибольшее число направлений двойников в отдельном зерне в области первой площадки оказалась равным четырем. Во второй площадке наибольшее число направлений двойников равно трем; для третьей и четвертой число направлений двойников в соответственно два и одно. В области пятой площадки, где твердость по существу та же, что и в исходном материале, двойников не обнаружено совсем.

Для характеристики зависимости числа двойников от твердости при распределении по глубине упрочненного образца из стали 110Г13Л рассмотрим следующую зависимость:

$$D = (2 + K_d) \frac{\Delta p}{N}, \quad (1)$$

где  $D$  – число двойников;  $K_d$  – коэффициент, характеризующий количественную однородность двойников (определяется по таблице);  $\Delta h$  – расстояние по глубине образца;  $N$  – номер площадки твердости.

Номер площадки твердости $N$	1	2	3	4	5	6	7	8
Коэффициент однородности двойников $K_d$	0	1	1	0	1	1	0	1

Из расчетов следует, что для неупрочненной поверхности металла характерно число двойников, равное 1, или их отсутствие. Таким образом, о степени упрочнения можно судить по числу двойников в микроструктуре металла. Упрочнение металла статико-импульсной обработкой связано со структурной перестройкой межзеренного пространства.

Для количественной характеристики микроструктурных изменений, происходящих в металле при СИО, введем коэффициент интенсивности упрочнения:

$$K_{\text{эф}} = \frac{d_m}{E}, \quad (2)$$

где  $E$  – энергия при СИО;  $d_m$  – средний диаметр зерна.

Коэффициент эффективности показывает распределение количества энергии, приходящееся на единицу длины (средний диаметр зерна). Чем меньше его значение, тем эффективнее процесс упрочнения.

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ НА ТРЕНИЕ И ИЗНАШИВАНИЕ

Турусова А.И., Большаков И.М.

*Муромский институт, филиал  
ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный  
университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», Муром,  
e-mail: turusova-rae2014@yandex.ru*

В настоящее время является актуальным опытное изучение явлений, происходящих в зоне контакта тру-

щихся поверхностей в зависимости от типа применяемых материалов и характера изменения внешних воздействий. В данной работе задача исследования решалась с помощью специальной экспериментальной установки, включающей модернизированную машину трения и комплекс контрольно-измерительной аппаратуры. Установка предусматривает проведение испытаний по схеме «ролик-колодка» с применением колодок из исследуемых материалов и стальных роликов в качестве контртел.

Привод вращения ролика осуществляется от двигателя постоянного тока мощностью 0,5 кВт. Применение двигателя постоянного тока обеспечивает возможность бесступенчатого регулирования частоты вращения рабочего вала и соответственно скорости скольжения в диапазоне от 0,5 до 2,0 м/с. Контроль скорости скольжения осуществляется вольтметром постоянного тока с помощью тахогенератора, связанного с валом электродвигателя. Смазывание трущихся образцов осуществляется по циркуляционной схеме дизельным маслом М10Г.

Конструкция узла трения испытательного стенда позволяет задавать постоянную радиальную нагрузку на неподвижный образец в пределах от 0 до 500 кг (4900 Н). Нагружение осуществляется путем сжатия силовой пружины нагрузочным винтом. Сила трения измеряется по реактивному моменту привода вращения ролика с автоматической записью на потенциометре КСП-2. Температура в зоне трения измеряется

с помощью термопары типа «хромель-копель», устанавливаемой в испытываемый образец на расстоянии 0,2-0,5 мм от поверхности трения.

Таким образом, возможности экспериментально-го стенда позволяют выполнять испытания материалов при различных нагрузках и скоростях скольжения с регистрацией основных параметров трения.

#### ПОВЫШЕНИЕ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ И РЕЖУЩИХ СВОЙСТВ БЫСТРО-РЕЖУЩЕЙ СТАЛИ ПРИ ПОМОЩИ НАНЕСЕНИЯ ФОСФАТНОЙ ПЛЕНКИ

Шалаев Д.И., Яшин А.В.

*Муромский институт, филиал  
ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых»,  
Муром, e-mail: shalaev-rae2014@yandex.ru*

Фосфатирование – процесс нанесения (осаждения) фосфатной пленки на поверхность режущих инструментов (протяжек, разверток, фрез, долбяков, специальных резцов, сверл) и деталей, работающих на истирание, для защиты от коррозии и повышения износостойкости.

Обрабатываемую поверхность обезжиривают керосином, олеиновой кислотой, затем промывают в проточной и дистиллированной воде. Для фосфатирования используют растворы  $Zn(H_2PO_4)_2$ ;  $Zn(NO_3)_2$ ;  $H_3PO_4$ . Инструмент выдерживают в растворе при температуре около 95 °С в течение от 10 до 30 мин в зависимости от концентрации раствора.

Образующийся на поверхности инструмента фосфат железа не окисляется, поэтому фосфатные пленки обладают высокими защитными свойствами. Структура фосфатной пленки определяет ее пористость, маслосмочность и антифрикционные свойства.

Толщина фосфатной пленки может достигать 7-50 мкм. Фосфатные пленки имеют большую прочность сцепления с металлами и не смачиваются расплавленными металлами. Фосфатирование имеет следующие преимущества: снижается расход энергии при деформации металла, улучшается состояние поверхности, возрастает стойкость в 1,5-2 раза.

Концевые фрезы из стали Р18 сначала азотируют (нагрев до 530 °С и 20 мин выдержка в растворе чистого аммиака). В результате на инструменте получают азотированный слой, состоящий из  $\alpha$ -твердого раствора азота. Затем фрезы подвергают фосфатированию

в растворе препарата "Мажеф" с концентрацией 40 г/л при  $(95 \pm 5)$  °С в течение 30 мин. После такой обработки стойкость фосфатированного инструмента на 20-25% выше стойкости инструмента, упрочненного только диффузионным азотированием. Шероховатость обрабатываемой поверхности снижается. Отпадает необходимость в консервации готового инструмента.

#### ПОВЫШЕНИЕ СТОЙКОСТИ, ИЗНОСОСТОЙКОСТИ СТАЛИ У8 БОРОХРОМИРОВАНИЕМ

Южаков А.Д., Скворцов А.А., Кульямяков Е.А.

*Муромский институт, филиал  
ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых», Муром,  
e-mail: yuzhakov-rae2014@yandex.ru*

Борохроммирование осуществляют для повышения износостойкости деталей, работающих в тяжелых условиях и подвергающихся абразивному изнашиванию, а также для повышения стойкости режущего инструмента.

Диффузионное насыщение поверхности сталей чаще всего производят при высокотемпературной изотермической или изотермически-ступенчатой выдержке с полной перекристаллизацией стали в аустенитное состояние.

На поверхности металлов формируются неравномерные по глубине покрытия. Для исключения указанного недостатка в обрабатываемый материал вводят струю, в состав которой входят фтористый натрий при следующем соотношении компонентов (%): окись хрома 5-15, фтористый натрий 17-19, бура (остальное).

Упрочнить пуансон и матрицу из стали У8 удалось в смеси порошков, содержащей технический карбид бора (91%), техническую буру (6%), порошок хрома 3%. Борохроммирование осуществляют в течение 5-6 ч. Поверхность упрочненных образцов имеет высокое качество; толщина диффузионного слоя составляет 150-170 мкм, слой равномерный, плотный, без пор и трещин, микротвердость 2000-2200 НВ. Насыщающая способность смеси без снижения ее активности составляет 4-5 циклов. Состав позволяет образовать равномерный и плотный диффузионный слой в структуре металла и устраняет налипание смеси к поверхности в ходе обработки.

#### Секция «Нанотехнологии и инновация»,

научный руководитель – Колесников А.С., канд. техн. наук, доцент

#### ИССЛЕДОВАНИЕ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ТОНКИХ ПЛЕНОК НА ОСНОВЕ ПОЛИЭТИЛЕН НИЗКОЙ ПЛОТНОСТИ

Уразалиева Д.Н., Алдонгаров А.А.

*Евразийский Национальный университет  
им. Л.Н. Гумилева, Астана, e-mail: oiz5@yandex.ru*

Разработка принципов получения новых полимерных нанокмозитов (НК) и методы исследование их фундаментальных свойств является одной из интереснейших и перспективных направлений в физике полимеров последних лет. Механические свойства НК зависят от структуры и свойств межфазной границы. Так, сильное межфазное взаимодействие между матрицей и волокном-наполнителем обеспечивает высокую пластичность материала, а значительно более слабое – ударную прочность.

НК-ые полимерные образцы представляют собой: полиэтилен низкой плотности (ПЭНП) в качестве

матрицы и наночастицы фуллерена C60 в качестве добавок со следующим процентным содержанием: 1) ПЭНП (чистый) – исходный, без добавок; 2) ПЭНП+1% Фуллерен C60; 3) ПЭНП+3% Фуллерен C60; 4) ПЭНП+5% Фуллерен C60; 5) ПЭНП+10% Фуллерен C60. Основная цель является исследования некоторых фундаментальных оптических, теплофизических и структурных свойств новых перспективных НК-ых тонких полимерных пленок на основе полиэтилена низкой плотности с определенным процентным содержанием наночастицы фуллерена. Полученные результаты, имеют большие фундаментальные и прикладные значения в области исследования НК-ных тонких полимерных пленок и физике композиционных полимерных материалов в целом. Проведены научные исследования по основным фундаментальным физическим свойствам ПЭНП и НК-ам на его основе с добавлением различных концентрации наночастицы фуллерена C60; Экспериментально по-