

спективны для использования в различных отраслях науки и техники.

Разработанная нами технология экологически безопасна, так как в качестве реагентов используется возобновляемое сырьё. Аппаратурное оформление данной технологии по выделению сывроточных белков не требует дорогостоящего оборудования.

Экономическая и экологическая целесообразность использования данной технологии состоит в использовании отходов молочного производства для получения ценных продуктов для кормовой, химической и косметической промышленности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Храмов А.Г. Молочная сывротка. М.: «Агропромиздат», 1990. – 240 с.
2. Коваленко М.С. Переработка побочного молочного сырья. М.: «Агропромиздат», 1989. – 356 с.

ТЯЖЕЛЫЕ МЕТАЛЛЫ В РАСТЕНИЯХ ЯМАЛЬСКОГО РЕГИОНА И ФОРМИРОВАНИЕ ПРИНЦИПА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

Кирилук Л.И., Захарина Т.Н., Бахтина Е.А.

ГУ НИИ медицинских проблем
Крайнего Севера РАМН,
Надым

В настоящее время загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ) носит глобальный характер, охватывая все составляющие природного комплекса. Наилучшими индикаторами для определения интенсивности антропогенного воздействия, а также возможностей естественного самовосстановления экосистем являются растения. Техногенное развитие Ямальского региона (ЯНАО) может стать причиной экологического дисбаланса, отражающегося на качественном составе компонентов биогеоценоза и изменении метаболизма в растительных сообществах.

Данная работа посвящена оценке сравнительного микроэлементного анализа растений древесных видов с территории природных и урбанизированных ландшафтов ЯНАО с целью формирования принципа экологической инфраструктуры города через систему зеленых насаждений. Исследования велись в течение 2003-04 гг. Для анализа отбирались листья и хвоя растений, произрастающих на территории природных и урбанизированных ландшафтов. Пробы (2-5 г) подвергались минерализации смесью азотной кислоты и пероксида водорода в герметично замкнутом объеме аналитического автоклава (МПК-04) при воздействии повышенной температуры и давления. Содержание ТМ определялось атомно-абсорбционным методом на спектрофотометре *Spectr AA-50B* фирмы “*Varian*” (Австралия). Всего проанализировано 200 проб растительного материала по 10 химическим элементам, что составило 2000 единичных анализов по каждому металлу. При систематизации растений по традиционной классификации установлено, что биологическое разнообразие представлено шестью, наиболее распространенными на территории Ямальского региона, видами древесных пород трех семейств: сосновых –

Pinaceae, березовых – *Betulaceae* и ивовых – *Salicaceae*.

По результатам лабораторного эксперимента установлено, что накопление тяжелых металлов растениями, произрастающими на территории исследуемого региона, в видовом отношении выражено более отчетливо. *Betula pendula* среди всех анализируемых представителей растительного сообщества выделяется наилучшей способностью накопления цинка (24,0 мг/кг) и меди (1,1 мг/кг). *Picea obovata* в большей степени накапливает Zn (10,5 мг/кг) и Mn (5,2 мг/кг). *Salix fragilis* и *Pinus sibirica* являются хорошими концентраторами техногенного Pb (до 1,0 мг/кг). Также установлено, что в растениях исследуемого района несколько повышены значения элементов природного происхождения (железо, марганец). Часть токсичных элементов (Pb, Cd, Cr) является труднодоступной для большинства растений из почв, так как они представлены нерастворимыми соединениями.

Формированию принципа экологической инфраструктуры для большинства городов России отводится приоритетная роль в эколого-градостроительной мелиорации и оздоровлении урбанизированной среды. При его разработке необходимы: знание санитарно-экологической ситуации; факторов и условий формирования атмосферных загрязнений (макро-, мезо- и микроклимата, существенно влияющих на перенос, накопление и рассеивание в атмосфере загрязняющих веществ); градостроительной среды, где происходят эти процессы. При этом главной составляющей является система зеленых насаждений, при соответствующей организации которой можно влиять на температурно-ветровую и радиационный режимы, в значительной мере регулируя и метеорологические условия формирования загрязнения атмосферы. Именно поэтому система зеленых насаждений должна стать основой эколого-градостроительного каркаса города с учетом видовых особенностей в пользу сосны сибирской (*P. sibirica*) как наиболее устойчивого представителя северной флоры к действию техногенных факторов.

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ ОБРАБОТКИ НА УСТАЛОСТНУЮ ПРОЧНОСТЬ И МЕХАНИЗМ РАЗРУШЕНИЯ ЛИТЕЙНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ

Клевцов Г.В., Фролова О.А., Клевцова Н.А.

Оренбургский государственный университет,
Оренбург

Известно, что состояние поверхностных слоев образцов или изделий оказывают существенное влияние на механические свойства материалов и, в первую очередь, на сопротивление усталостному разрушению. Это связано с тем, что зарождение усталостной трещины происходит преимущественно на поверхности или вблизи поверхности изделия. Одной из задач поверхностной упрочняющей обработки - это создание на поверхности образцов сжимающих напряжений, препятствующих зарождению усталостных трещин. Микрорельеф поверхности образцов также ока-

зывает влияние на механизм зарождения усталостной трещины.

Рассмотрим влияние различных видов поверхностной упрочняющей обработки (обработка стеклянными и стальными шариками, а также корундовым песком) на усталостную прочность и механизмов усталостного разрушения высокопрочного литейного алюминиевого сплава ВАЛ8 и ВАЛ16.

Анализ кривых усталости образцов из сплавов ВАЛ8 и ВАЛ16 в исходном состоянии и после поверхностной обработки показал, что в случае испытания образцов из сплава ВАЛ8, полученного литьем в кокиль, упрочнение поверхностных слоев материала стеклянными шариками значительно повышает долговечность исследуемых образцов, особенно в области малоциклового усталости. Еще более значительный эффект повышения долговечности образцов оказывает обработка поверхности стальными шариками. И наоборот, обработка поверхности образцов корундовым песком снижает их усталостную долговечность.

В случае испытания образцов из сплава ВАЛ16, полученного литьем в песчаную форму, обработка поверхности образцов корундовым песком несколько увеличила усталостную прочность образцов, особенно в области многоциклового усталости. Можно предположить, что в последнем случае сплав, полученный литьем в песчаную форму, имел большое количество пор, выполняющих при нагружении образцов роль концентраторов напряжения. Косвенно на это указывают низкие усталостные характеристики данного сплава. Обработка поверхности образцов корундовым песком не повлияла существенно образом на наличие концентраторов напряжения в образцах, однако, по-видимому, несколько упрочнила поверхность образцов.

Все полученные изломы имели на своей поверхности характерные макрзоны: зону усталостного развития трещины I_f и зону долома. Причем, все виды поверхностной обработки, как правило, увеличивают длину зоны усталостного развития трещины. Иными словами, поверхностная обработка оказывает влияние не только на стадию зарождения трещины, но и на стадию ее распространения.

Микрофрактографический анализ показал, что на всех изломах образцов, подвергнутых поверхностной обработке, вблизи очага усталостного разрушения можно наблюдать небольшую зону с более хрупким разрушением металла, по сравнению с остальной частью усталостного разрушения образцов

Выводы:

1. Обработка поверхности образцов стеклянными и стальными шариками повышает усталостную прочность образцов из литейных алюминиевых сплавов. Обработка корундовым песком тоже упрочняет поверхностный слой образцов, однако может вызвать и снижение усталостной прочности образцов за счет образования концентраторов напряжения в виде рисок от воздействия корунда.

2. Влияние поверхностной упрочняющей обработки образцов сказывается на механизме усталостного разрушения в области зарождения трещины. В очаге разрушения упрочненных образцов имеет место область с более хрупким механизмом разрушения.

Зона с более хрупким разрушением сплава имеет темный цвет; затем располагается область, имеющая ямочный микрорельеф с участками циклического скола. Длина зоны с более хрупким разрушением сплава составляет $(2,0 - 2,5) \cdot 10^{-4}$ м, что полностью совпадает с глубиной упрочненного слоя металла после обработки поверхности образцов стеклянными шариками.

Таким образом, можно заключить, что обработка поверхности образцов из высокопрочных литейных алюминиевых сплавов стеклянными и стальными шариками повышает усталостную долговечность образцов. Обработка корундовым песком тоже упрочняет поверхностный слой образцов, однако может вызвать и снижение усталостной прочности образцов за счет образования концентраторов напряжения в виде рисок от воздействия корунда. Влияние поверхностной обработки образцов сказывается на механизме усталостного разрушения в области зарождения трещины. На микрофрактограммах в очаге усталостного разрушения можно наблюдать область с более хрупким механизмом разрушения сплавов.

4.5. Выводы по главе 4

1. Механические свойства исследуемых литейных алюминиевых сплавов зависят от способов литья. Самые высокие механические свойства имеют литейные алюминиевые сплавы, полученные жидкой штамповкой, самые низкие - в случае литья в песчаные формы. Наибольшую чувствительность к способам литья проявляет относительное удлинение. Пределы прочности и текучести, наоборот, слабо зависят от способов литья.

2. Микромеханизм статического разрушения литейных алюминиевых сплавов зависит не только от марки сплава, но и от способа литья. В случае жидкой штамповки, помимо «сотового» микрорельефа, доминирующего во всех видах разрушения, можно наблюдать вязкие гребни (ВАЛ8, ВАЛ12); в случае литья в кокиль и песчаные формы - участки межзеренного хрупкого разрушения (ВАЛ12, ВАЛ15) или полностью хрупкое разрушение (ВАЛ16).

3. Усталостная прочность образцов из литейных алюминиевых сплавов в значительной степени зависит от способа литья сплава. Максимальной усталостной прочностью обладают сплавы, полученные жидкой штамповкой (ВАЛ8, ВАЛ12); минимальной - сплавы, полученные литьем в песчаные формы (ВАЛ16).

4. Установлена связь длины зоны усталостного развития трещины на поверхности изломов I_f с напряжением цикла нагружения и долговечностью образцов. Показано, что зависимость длины зоны I_f от напряжения цикла нагружения не зависит ни от марки сплава, ни от способа литья и описывается единым уравнением $I_f = k\sigma_{-1} + C$, где коэффициенты k и C численно равны, соответственно, $-1,6 \cdot 10^{-5}$ и $6,3 \cdot 10^{-3}$.

5. Микрофрактографический анализ усталостных изломов сплавов ВАЛ8, ВАЛ12 и ВАЛ16 показал, что в образцах из сплавов, полученных жидкой штамповкой, в зоне усталостного развития трещины доминируют фасетки циклического скола с ямочным микрорельефом; в образцах из сплавов, полученных

литьем в кокиль, фасетки циклического скола, а в образцах из сплавов, полученных литьем в песчаную форму, фасетки циклического скола с участками дендритного образования от первичных пор.

6. Показано, что в результате обработки поверхности образцов из литейных алюминиевых сплавов стеклянными и стальными шариками формируются схожий микрорельеф, обусловленный многократными ударами шариков о поверхность образцов. Однако, при обработке поверхности образцов стеклянными шариками микрорельеф более крупный, что связано с большим размером стеклянных шариков. При обработке корундовым песком поверхность образцов сильно испещрена многочисленными рисками от воздействия корунда.

7. Максимальные степень искаженности кристаллической структуры и упругие напряжения вблизи поверхности образцов имеют место при обработке стеклянными шариками. Чуть меньше - при обработке стальными шариками. В случае обработки поверхности образцов корундовым песком обнаружена аномалия в распределении упругих напряжений в тонком поверхностном слое металла, глубиной $(2-3) \cdot 10^{-5}$ м.

8. Обработка поверхности образцов стеклянными и стальными шариками повышает усталостную прочность образцов из литейных алюминиевых сплавов. Обработка корундовым песком тоже упрочняет поверхностный слой образцов, однако может вызвать и снижение усталостной прочности образцов за счет образования концентраторов напряжения в виде рисок от воздействия корунда.

9. Влияние поверхностной упрочняющей обработки образцов сказывается на механизме усталостного разрушения в области зарождения трещины. В очаге усталостного разрушения упрочненных образцов имеет место область с более хрупким механизмом разрушения.

ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

1. При усталостном испытании образцов из сплава АК6 по жесткой схеме нагружения, с изменением коэффициента асимметрии циклов нагружения R от -2 до $-\infty$, общее количество циклов до разрушения образцов уменьшается. При этом, длина зон стабильного I_s и усталостного развития трещины I_f на поверхности изломов остаётся практически постоянными а степень искаженности кристаллической структуры материала в пределах зоны стабильного роста трещины I_s возрастает.

2. Разработаны схемы образования пластических зон у вершины усталостной трещины при сжимающих циклах нагружения, а также обобщенная схема образования пластических зон во всем интервале значений коэффициента асимметрии цикла нагружения R от $-\infty$ до ∞ .

3. Механические свойства и механизм статического разрушения исследуемых литейных алюминиевых сплавов ВАЛ8, ВАЛ12, ВАЛ15 и ВАЛ16 зависят от способов литья. Самым высоким комплексом механических свойств обладают сплавы, полученные жидкой штамповкой, самым низким - сплавы, полученные литьем в песчаные формы. Наибольшую чувствительность к способам литья проявляет относительное удлинение. Пределы прочности и текучести,

наоборот, слабо зависят от способов литья. Микрорельеф статических изломов образцов сплавов, полученных жидкой штамповкой, помимо «сотового» микрорельефа, доминирующего во всех видах разрушения, содержит вязкие гребни, а сплавов, полученных литьем в кокиль и песчаные формы - участки межзеренного хрупкого разрушения или полностью межзеренное хрупкое разрушение.

4. Усталостная прочность и механизм усталостного разрушения образцов из литейных алюминиевых сплавов также зависят от способа литья. Максимальной усталостной прочностью обладают сплавы, полученные жидкой штамповкой; минимальной - сплавы, полученные литьем в песчаные формы. При этом, в изломах образцов из сплавов, полученных жидкой штамповкой, в зоне усталостного развития трещины доминируют фасетки циклического скола с ямочным микрорельефом; а в изломах образцов из сплавов, полученных литьем в песчаную форму, фасетки циклического скола с участками дендритного образования от первичных пор.

5. Установлена связь длины зоны усталостного развития трещины I_f на поверхности изломов образцов из литейных алюминиевых сплавов с напряжением цикла и долговечностью образцов при симметричном цикле нагружения ($R=-1$). Показано, что зависимость длины зоны I_f от напряжения цикла нагружения не зависит ни от марки сплава, ни от способа литья и описывается единым уравнением $I_f = k\sigma_{-1} + C$, где коэффициенты k и C численно равны, соответственно, $-1,6 \cdot 10^{-5}$ и $6,3 \cdot 10^{-3}$.

6. Показано, что в результате обработки поверхности образцов из литейных алюминиевых сплавов стеклянными и стальными шариками, а также корундовым песком формируются схожий микрорельеф, обусловленный многократными ударами их о поверхность образцов. Максимальные степень искаженности кристаллической структуры материала и упругих напряжений вблизи поверхности образцов имеют место при обработке стеклянными шариками. В случае обработки поверхности образцов корундовым песком обнаружена аномалия в распределении упругих напряжений в тонком поверхностном слое металла, глубиной $(2-3) \cdot 10^{-5}$ м.

7. Обработка поверхности образцов стеклянными и стальными шариками повышает усталостную прочность образцов из литейных алюминиевых сплавов. При этом на поверхности изломов в области зарождения усталостной трещины обнаружен участок с более хрупким механизмом разрушения. Обработка корундовым песком может вызвать снижение усталостной прочности образцов за счет образования концентраторов напряжения в виде рисок от воздействия корунда.

Известно, что состояние поверхностных слоев образцов или изделий оказывают существенное влияние на механические свойства материалов и, в первую очередь, на сопротивление усталостному разрушению. Это связано с тем, что зарождение усталостной трещины происходит преимущественно на поверхности или вблизи поверхности изделия [59]. Одной из задач поверхностной упрочняющей обработки - это создание на поверхности образцов сжимающих на-

пряжений, препятствующих зарождению усталостных трещин [67, 132]. Микрорельеф поверхности образцов также оказывает влияние на механизм зарождения усталостной трещины [67].

Рассмотрим влияние различных видов упрочняющей поверхностной обработки на микрорельеф и структурные изменения материала в поверхностных слоях образцов из литейного алюминиевого сплава ВАЛ8.

Микрорельеф поверхности образцов в исходном состоянии относительно гладкий. Максимальная шероховатость поверхности составляет $(5-8) \cdot 10^{-6}$ м. При небольшом увеличении хорошо видны следы механической обработки и несплошности металла. При больших увеличениях видна тонкая структура от воздействия механической обработки.

Обработка стальными шариками приводит к появлению на поверхности образцов развитого микрорельефа. При большом увеличении микрорельеф выглядит в виде округлых впадин и вытянутых гребней - следы от ударов отдельных шариков. Максимальная шероховатость такой поверхности составляет $(1,5 - 2,0) \cdot 10^{-5}$ м.

Поверхность образцов после обработки стеклянными шариками имеет относительно крупный микрорельеф. Максимальная шероховатость составляет $(3,0 - 3,5) \cdot 10^{-5}$ м. Микрорельеф состоит из впадин - следов ударов более крупных стеклянных шариков и вытянутых гребней. Дно впадин имеет относительно гладкую поверхность, что подтверждает вышеуказанную природу их образования.

Обработка корундовым песком приводит к тому, что на поверхности образцов формируется сильно испещренный рисками микрорельеф. Такой микрорельеф образуется, по-видимому, вследствие нарушения поверхности образца путем среза мелкодисперсными частицами корундового песка. Это хорошо видно при большом увеличении. Нарушения поверхности довольно глубокие. Максимальная шероховатость составляет $(2,0 - 2,5) \cdot 10^{-5}$ м.

Таким образом электронномикроскопические исследования и профилирование поверхности образцов показали, что обработке стальными и стеклянными шариками на поверхности образцов формируются схожие микрорельефы, обусловленные многократными ударами шариков о поверхность образцов. Однако, при обработке стеклянными шариками рельеф более крупный, чем в случае обработки стальными шариками, что связано с большим диаметром стеклянных шариков. При обработке корундовым песком поверхность образцов сильно испещрена (разупрочнена) многочисленными рисками от воздействия корунда.

Для определения глубины наклепа и степени искаженности кристаллической структуры материала в упрочненном слое металла при различных видах обработки поверхность образцов подвергали послойному травлению и рентгеноструктурному анализу. Максимальная глубина наклепанного слоя металла ($2,2 \cdot 10^{-4}$ м) достигается при обработке поверхности образцов стеклянными шариками; минимальная ($1,5 \cdot 10^{-4}$ м) - при обработки стальными шариками. Степень искаженности кристаллической структуры материала (оцененная по ширине дифракционной ли-

нии) на поверхности образцов в случае обработки стальными и стеклянными шариками практически одинаковая. При обработке образцов корундовым песком, степень искаженности материала па поверхности образцов выше, чем в случае обработки стальными и стеклянными шариками.

Последнее связано, по-видимому, с интенсивным разрыхлением поверхностных слоев металла глубиной $(2-5) \cdot 10^{-5}$ м корундовым песком.

Помимо наклепа, на зарождение и развитие усталостной трещины оказывает влияние упругие (сжимающие или растягивающие) напряжения, возникающие в процессе поверхностной обработки. Для оценки таких напряжений в поверхностных слоях исследуемых образцов также был использован рентгеновский метод. О величине упругих напряжений судили по смещению максимума дифракционной линии (311) K_{α} . Видно, что в случае исходного материала упругие напряжения вблизи поверхности образцов отсутствуют. Максимальные сжимающие напряжения на поверхности образцов возникают при обработке стеклянными шариками. Чуть меньше - при обработке стальными шариками. В обоих случаях глубина распространения упругих напряжений совпадает с глубиной наклепанного слоя.

Совершенно по иному распределяются по глубине упругие напряжения в случае обработки поверхности образцов корундовым песком. Максимальные сжимающие упругие напряжения возникают не на поверхности, а под поверхностью образцов на глубине $(2-3) \cdot 10^{-5}$ м. На самой поверхности упругие напряжения отсутствуют.

Таким образом, можно предположить, что с точки зрения повышения усталостной прочности образцов, наиболее благоприятные микрорельеф поверхности, структурные изменения материала и упругие напряжения обеспечивают обработки поверхности образцов стальными и стеклянными шариками. Обработка корундовым песком, упрочняя поверхность образцов, тем не менее создает неблагоприятный микрорельеф. Риски на поверхности образцов могут служить концентратором напряжения и снизить усталостную долговечность образцов по отношению к образцам с не упрочненной поверхностью.

О САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ СТУДЕНТОВ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИН НА СТЫКЕ РАЗЛИЧНЫХ ОБЛАСТЕЙ ЗНАНИЙ

Колычева С.С., Нефёдов П.В.,
Кутумова С.Л., Нефёдова Л.В.

*Кубанская государственная медицинская академия,
Краснодар*

Концепцией российского образования на период до 2010 года определены основные задачи профессионального образования – подготовка квалифицированного работника соответствующего уровня и профиля, конкурентоспособного на рынке труда, социальной и профессиональной мобильности, бесперспективно без навыков работы на стыке дисциплин.

Решение этих задач невозможно без реформирования системы высшего образования как в плане ин-