

## Рефераты

---

С. С. Ким, “Изменение микроструктуры ферритной стали 11Cr суперсверхкритического назначения при длительном термическом старении и ползучести”, *Проблеми міцності*, № 4, 5–12 (2019).

Количественно исследовано изменение микроструктуры ферритной стали 11Cr для корпусов ТЭС, обеспечивающих работу при суперсверхкритических параметрах пара, в частности рассмотрены размеры выделившейся фазы, ширина игл мартенсита и плотность дислокаций при длительном термическом старении и ползучести. Испытания прерывали на различных этапах деформирования. Границы фаз, выделившихся на аустенитном зерне и игольчатом мартенсите, утрачивают четкость очертаний в результате укрупнения частиц вторичных фаз. Фаза Лавеса растет быстрее, чем карбиды  $M_{23}C_6$ , при ползучести и термическом старении. Плотность дислокаций резко уменьшалась на начальном этапе, тогда как ширина игл мартенсита возрастала по мере увеличения периода старения и ползучести. Изменение микроструктуры при ползучести более выражено, чем при термическом старении, что свидетельствует о значительном влиянии напряжений на ее ухудшение.

С. Ванг, К. Жу, Д. Х. Жао, Кс. П. Юи, Й. Д. Джианг, “Упругопластический расчет предельного внутреннего давления в толстостенных цилиндрах при различных характеристиках растяжения–сжатия”, *Проблеми міцності*, № 4, 13–24 (2019).

Рассмотрены упругопластические расчеты предельного внутреннего давления и распределение напряжений в толстостенных цилиндрах с использованием критерия прочности двойникового сдвига. Расчеты предусматривают количественную оценку промежуточного главного напряжения, прочности при растяжении–сжатии, модуля напряжения–сжатия. Результаты расчетов проверяли путем сравнения с данными, приведенными в литературных источниках. Выполнены параметрические исследования для оценки влияния параметра прочности, отношения радиусов, степени прочности при растяжении–сжатии и соотношения модулей напряжения–сжатия. Показано, что соответствующий выбор определяющих параметров весьма существен для проектирования таких деталей. Это дает возможность рассчитать прочность толстостенных цилиндров, используя промежуточное главное напряжение. Учет изменений предельного внутреннего давления в зависимости от радиуса позволяет выбирать толщину стенки. Расчеты имеют важное практическое значение для создания оптимальной конструкции и промышленного применения толстостенных цилиндров.

З. Г. Янг, М. Й. Занг, Й. Л. Ченг, “Моделирование поведения многослойного стекла при ударном разрушении методом дискретных/конечных элементов и модели сцепления”, *Проблеми міцності*, № 4, 25–40 (2019).

Представлен вычислительный метод моделирования поведения многослойного стекла при ударном разрушении на основе метода дискретных/конечных элементов с центральным сопряжением поверхности и модели сцепления. Автомобильное многослойное стекло – важный элемент системы безопасности транспортного средства, оно состоит из двух стеклянных листов, соединяемых поливинил бутиральной пленкой. Его конструкция связана с безопасностью пассажиров и пешеходов. Анализ механизма разрушения такого стекла имеет большое инженерное значение. Выполнены испытания на удар для оценки результатов моделирования. Показано, что метод дискретных/конечных элементов и модель сцепления позволяют моделировать характеристики ударного разрушения многослойного стекла. Результаты будут полезны для моделирования и анализа безопасности при столкновении автомобиля с пешеходом и его защиты при повреждении лобового стекла.

Д. Х. Чен, З. Чен, Кс. Р. Жу, Кс. Д. Ванг, Кс. Л. Хонг, “Влияние эвтектической фазы на микроструктуру и предел прочности при растяжении литейного алюминиевого сплава Al–Zn–Ni–Mg–Cu”, *Проблеми міцності*, № 4, 41–48 (2019).

Изучено влияние состава, процесса литья и термообработки на морфологию эвтектической фазы литейного алюминиевого сплава Al–Zn–Ni–Mg–Cu. Оценено влияние эвтектической

фазы на микроструктуру и механические свойства сплава. Прочность алюминиевого сплава при литье под давлением выше таковой при литье в песчаную и многофазовые формы. Максимальный предел прочности при растяжении и удлинение достигают 586 МПа и 3,5% соответственно, что способствует упрочнению при старении фазы  $\eta$ (MgZn<sub>2</sub>) и дисперсионному упрочнению фазы Al<sub>3</sub>Ni. Чем меньше зерно фазы Al<sub>3</sub>Ni, тем выше эффект упрочнения. Содержание Fe должно быть ограничено, содержание Ni – ниже состава эвтектической точки, содержание Zn, Mg и Cu – оптимальное. Алюминиевый сплав следует подвергать двухступенчатой термообработке на твердый раствор, температура первой ступени не может превышать 473°C.

Кс. Й. Лай, Кс. П. Ху, Кс. Ву, “Модель сдвигового излома при ультразвуковой резке бумажной сотовой структуры из полиамидного волокна”, *Проблеми міцності*, № 4, 49–56 (2019).

Ультразвуковую резку бумажной сотовой структуры из полиамидного волокна изучали, используя метод моделирования, что весьма важно для исследования ее механизма и оптимизации технологических параметров. Построена определяющая модель материала на основе механических свойств ортогональной изотропной бумаги из полиамидного волокна и разработана модель сдвигового излома, описывающая его вид для сотовой структуры, с целью подтверждения достоверности результатов моделирования. Выполнена сравнительная оценка результатов имитационного и натурального экспериментов при резке с помощью треугольного ножа. При надлежащем выборе параметров результаты моделирования деформационного повреждения материала сотовой структуры практически совпадают с экспериментальными. Максимальная погрешность среднего режущего усилия составляет 5.42%. Вышеуказанные результаты подтверждают точность разработанной модели.

Х. Р. Джин, К. Кс. Дуан, М. Ф. Хан, Й. Л. Йи, “Влияние термообработки на микроструктуру и прочность пластины, плакированной нержавеющей сталью”, *Проблеми міцності*, № 4, 57–68 (2019).

Пластина, плакированная нержавеющей сталью 316L/Q345R, после горячей прокатки для улучшения ее микроструктуры и механических свойств была подвергнута трем видам термообработки: быстрое охлаждение, медленное охлаждение и отпуск, быстрое охлаждение при высокой температуре и медленное охлаждение при низкой температуре. Ее образцы были получены горячей прокаткой вакуумированного пакета. Для исследования микроструктуры и компонентов образцов использовали оптическую микроскопию и энергодисперсионную рентгеновскую спектроскопию. Механические свойства при различных видах обработки определяли в испытаниях на срез и растяжение, а также при ударных испытаниях. Результаты показывают улучшение зернистости и свойств после термообработки. После быстрого охлаждения микроструктура образца состоит главным образом из мартенсита, прочность увеличивается, пластичность низкая, а удлинение сравнительно невелико, всего 12,7%. Микроструктура и пластичность достигают оптимального уровня после быстрого охлаждения и отпуска, удлинение составляет 16,7%, однако рабочие параметры не соответствуют технологическим требованиям. После быстрого охлаждения при высокой температуре и медленного охлаждения при низкой температуре микроструктура состоит из бейнита, мелкозернистого феррита и небольшого количества перлита. Плакированная пластина обладает отличными эксплуатационными характеристиками благодаря комбинированной пластичной и твердофазной структуре, предел прочности при сдвиге достигает 397 МПа, удлинение – 22,2%, оба показателя соответствуют техническим требованиям.

З. В. Янг, Х. П. Ян, Й. Лай, Г. Д. Коу, Г. Тиан, В. Жанг, “Новый подход к дефектоскопии неферромагнитных материалов с использованием наклонного возбуждения для термографии на вихревых токах”, *Проблеми міцності*, № 4, 69–79 (2019).

Предложен новый метод наклонного возбуждения для термографии на вихревых токах, который позволяет устранить “эффект размытости” в комбинации с сегментацией изображения на сингулярных волновых пакетах, оказывающих отрицательное воздействие на уровень выявления трещин, в частности слоя неферромагнитных материалов. Выполнен численный анализ эффективности выявления трещин при использовании параллельного и наклонного возбуж-

дения при различных периодах прогрева, глубине и ширине трещин. Показано, что наклонное возбуждение существенно усиливает эффективность выявления и увеличивает период прогрева до 6 с, что может уменьшить воздействие “эффекта близости” катушки возбуждения и получить четкие результаты. Метод наклонного возбуждения пригоден для выявления трещин различной глубины. Предложен метод обнаружения точки разрыва для количественной идентификации ширины трещин. Проведены испытания образцов алюминия с проросшими трещинами при наклонном возбуждении, результаты обработаны с использованием метода выявления на сингулярных волновых пакетах. Изменения температуры трещины при наклонном возбуждении аналогичны таковым при численном моделировании, трещину можно отслеживать более тщательно и точно, таким образом комбинация наклонного возбуждения и сингулярных волновых пакетов может существенно улучшить качество термографических изображений при проведении испытаний.

С. Х. Хуанг, Й. Ву, Кс. С. Ксиа, З. Д. Жао, К. Чен, Д. Й. Шу, “Оценка влияния холодной экструзии на напряженно-деформированное состояние чашевидных элементов из чистой меди с использованием модели скорости вибрации”, *Проблеми міцності*, № 4, 80–89 (2019).

Холодная экструзия обеспечивает точность изготовления чашевидных элементов из чистой меди, при этом необходимо снизить формовочную нагрузку и упругое деформирование. Построены функциональные модели изменения постоянной скорости деформации и скорости вибрации чистой меди на основании данных моделирования ее термомеханического режима. Они верифицированы с помощью метода конечных элементов и соответствуют зависимостям напряжение–деформация. Показаны возможности холодной экструзии при использовании скорости вибрации в производстве чашевидных элементов из чистой меди. Эквивалентное напряжение при холодной экструзии с использованием скорости вибрации снижается по сравнению с традиционным методом при постоянной скорости. Выбраны соответствующие режимы экструзии, обеспечивающие формирование чашевидных элементов, которые соответствуют техническим требованиям, что проверено в процессе испытаний с использованием холодной экструзии, при этом получают профиль внутренней и наружной поверхности, близкий к заданному.

Кс. Д. Ду, С. Р. Жанг, Й. Х. Жанг, “Прогнозирование усталостной долговечности коробки передач для рельсовых транспортных средств путем моделирования условий эксплуатации”, *Проблеми міцності*, № 4, 90–99 (2019).

Эффективность метода прогнозирования усталостной долговечности коробки передач была верифицирована путем моделирования условий эксплуатации. Теория статической прочности послужила основой для проектирования конструкции коробки передач для рельсовых транспортных средств. Точная оценка динамических характеристик коробки передач в различных условиях эксплуатации невыполнима, надежность и усталостную долговечность сложно исследовать ввиду ограничений стандартных методов испытаний и экспериментальных методик, срок службы значительно короче, чем расчетный ресурс, что отрицательно влияет и на надежность транспортных средств. Выполнена оценка динамической нагрузки на каждый элемент коробки передач в различных рабочих условиях с помощью программы динамического моделирования MSC.ADAMS. Фактическая нагрузка, введенная в систему прогнозирования усталостной долговечности коробки передач, позволяет определить усталостную долговечность элементов, связанных с последней.

Й. К. Ма, “Разрушение при растяжении двух композиционных материалов на основе углеродного волокна с алюминиевой матрицей, полученных методом экструзионной пропитки”, *Проблеми міцності*, № 4, 100–106 (2019).

С помощью метода экструзионной пропитки изготовлены два 2D композиционных материала на основе углеродного волокна с алюминиевой матрицей. В виде подложки использованы углеродные ткани T700 и T300. Исследование микроструктуры выявило, что они обладают различной морфологией, обеспечивающей макроскопическую пропитку, при этом эффект от пропитки разный в обоих случаях. Показано, что коэффициент теплового расширения этих материалов гораздо ниже такового сплава матрицы (673 K (400°C)). При температуре выше

673 К (400°C) это значение для композиционного материала Т300 углеродное волокно/Al эквивалентно всего 22,6%, что существенно меньше такового для сплава матрицы. Предел прочности при растяжении композиционных материалов Т700 CF/Al и Т300 CF/Al увеличился в 2,007 и 2,467 раза соответственно по сравнению со сплавом матрицы. Для разных типов ткани различия в значениях коэффициента теплового расширения и предела прочности при растяжении зависят от объемных фракций углеродного волокна и его вида. Ориентация волокон в тканях также оказывала влияние на морфологию разрушения растягиваемых образцов. Композиционный материал Т300 CF/Al обладает лучшими характеристиками растяжения и теплового расширения, чем материал Т700 CF/Al, оба предназначены для дальнейшего промышленного применения.

З. Б. Янг, Й. К. Жанг, С. Й. Жанг, Д. К. Ху, К. К. Лай, Б. Жао, “Остаточные напряжения в алмазных абразивах, полученных лазерным спеканием с использованием ультразвуковой вибрации”, *Проблеми міцності*, № 4, 107–114 (2019).

Изучена специальная обработка алмазов – лазерное спекание в сочетании с ультразвуковой вибрацией. Этот процесс устраняет недостатки, характерные для существующих сверхтвердых шлифовальных кругов. В комбинированном процессе использованы возможности лазерного спекания и ультразвуковой вибрации для гомогенизации структуры и снижения остаточных напряжений. Алмазные частицы вводили в матрицу стали 45 с использованием сплава Ni–Cr путем лазерного спекания в сочетании с ультразвуковой вибрацией в атмосфере аргона. Для изучения микроструктуры сплава Ni–Cr и микроструктуры поверхности контакта с алмазными частицами использовали металлографическую микроскопию, сканирующую электронную микроскопию и энергодисперсионную спектроскопию. Спектроскопию комбинационного рассеяния применяли для оценки остаточных напряжений. Эффект акустического потока и кавитации, возникающий в результате ультразвуковой вибрации, вызывал измельчение зерен кристалла в плакирующем слое, при этом микроструктура более однородна, чем таковая без ультразвуковой обработки. Слой  $\text{Cr}_3\text{C}_2$ , образованный на поверхности алмазных частиц, увеличивает прочность связи между сплавом Ni–Cr и алмазом, что обеспечивает выделение и защиту абразивных частиц, ультразвуковая вибрация уменьшает остаточные напряжения внутри абразива.

Й. Ф. Сун, М. Чен, П. В. Гао, Т. С. Жоу, Х. В. Лиу, Й. Ксун, “Микроструктура и поглощение в СВЧ-диапазоне материала на основе цемента, армированного восстановленным оксидом графена и наночастицами”, *Проблеми міцності*, № 4, 115–123 (2019).

Исследовано поглощение в СВЧ-диапазоне цементного теста, армированного диспергированным восстановленным оксидом графена и наночастицами закиси-оксида железа и никеля. Определено влияние нанонаполнителя на текучесть, механические свойства и пористую структуру цементного теста. Изучена микроструктура композиционного материала с помощью сканирующей электронной микроскопии, его группы и продукты гидратации анализируют с использованием инфракрасных спектров и рентгенографии. Показано, что введение небольших количеств нанонаполнителя существенно снижает текучесть теста, а пористая структура и механические свойства улучшаются. Результаты микроскопического исследования показывают, что нанонаполнитель способствует образованию цветочных кристаллов, что приводит к уплотнению теста. Минимальная отражательная способность –14,7 дБ находится в диапазоне 1...18 ГГц, эффективный диапазон частот 14,4 ГГц достигается при отражательной способности менее –5 дБ. Предложен новый метод изготовления звукопоглощающих материалов на основе цемента.

Д. К. Тао, С. Х. Хуанг, Г. З. Жао, З. В. Хуанг, Й. Ву, Й. Й. Ван, М. Лай, “Влияние Zn на механические свойства и микроструктуру сплава Mg–6Y–2Nd–1Gd–0,5Zr в литом состоянии и после термической обработки на твердый раствор”, *Проблеми міцності*, № 4, 124–131 (2019).

Оценено влияние различного содержания цинка (0; 0,4 и 0,8 вес.%) на микроструктуру и механические свойства сплава Mg–6Y–2Nd–1Gd–0,5Zr с целью улучшения этих характеристик. Показано, что сплав в литом состоянии содержит главным образом фазы  $\alpha$ -Mg,  $\text{Mg}_{24}\text{Y}_5$ ,  $\text{Mg}_{13}\text{Nd}$  и  $\text{Mg}_5\text{Gd}$ . Введение Zn в состав сплава приводит к образованию фазы  $\text{Mg}_{12}\text{YZn}$  и

измельчению зерна. Увеличение объемного содержания цинка с 0,4 до 0,8 вес.% вызывает сужение температурного диапазона затвердевания. После термической обработки на твердый раствор  $Mg_{12}Nd$  и  $Mg_{24}Y_5$  в основном исчезают, а содержание  $Mg_{12}YZn$  увеличивается. Предел прочности при растяжении, предел текучести и удлинение сплава  $Mg-6Y-2Nd-1Gd-0,5Zr-0,4Zn$  после термической обработки на твердый раствор составляют 284 МПа, 218 МПа и 8,5% соответственно.

Й. Д. Ксу, З. Д. Ванг, Г. Д. Ву, Д. П. Йин, Ф. Д. Донг, Й. Кс. Джин, “Влияние плотности ПТФЭ-медной облицовки, полученной методом порошковой металлургии, на пробивную способность струи кумулятивного заряда”, *Проблеми міцності*, № 4, 132–140 (2019).

Поражающий эффект основного заряда при прожигании легкой брони кумулятивной струей, формируемой обычной металлической облицовкой, весьма незначителен. Выполнены экспериментальные исследования и численное моделирование по определению пригодности ПТФЭ-медной облицовки, полученной методом порошковой металлургии путем холодного прессования-спекания-штамповки соединения. Модели структурного состояния и динамического поведения рассчитаны на создание конкретной конструкции облицовки кумулятивного заряда. Показано, что струя кумулятивного заряда, формируемая данной облицовкой, вызывает большее поверхностное повреждение мишени после пробивания легкой брони, что свидетельствует о лучшем поражающем эффекте основного заряда.

К. Ф. Дуан, С. Кс. Лай, П. Х. Сонг, В. Ченг, Д. Ф. Као, Х. Кс. Ху, “Влияние вызванного сверлением расслоения на потерю устойчивости образцов композиционных ламинатов с открытым отверстием при сжимающем нагружении”, *Проблеми міцності*, № 4, 141–149 (2019).

Экспериментально исследовано влияние вызванных сверлением дефектов расслоения на потерю устойчивости образцов композиционного ламината с открытым отверстием. ПТФЭ пленки вводятся между слоями вокруг отверстия в качестве искусственного расслоения для количественной оценки эффекта последнего при сверлении. Разработаны образцы искусственного расслоения двух форм (круглые и квадратные) и трех размеров (10, 15 и 20 мм). С помощью ультразвукового дефектоскопа (URK-T48-HS) и системы измерения цифрового изображения (VIC-3D) исследовано влияние различных видов расслоения при сверлении на локальную потерю устойчивости, локальную и общую потерю устойчивости при расслоении. Приведена количественная информация, включая предельные нагрузки, вызывающие потерю устойчивости, для оценки влияния расслоения на характеристику сжатия ламинатов с открытым отверстием. Это позволяет оценить допустимый уровень повреждения промежуточной структуры и установить надлежащий контроль надежности.

Й. Л. Йи, Й. Ф. Гао, Л. Хе, Х. Р. Джин, “Анализ термоупругих напряжений в сопряженных парах редуктора с волновой передачей и двухдифференциальными телами качения”, *Проблеми міцності*, № 4, 150–163 (2019).

Распределение температур, тепловая деформация и напряжение в качестве основных тепловых параметров оказывают существенное влияние на эксплуатационные характеристики редуктора. Базовые принципы теплопередачи и трибологии послужили основой для выведения формул расчета теплового потока, генерируемого в процессе трения сопряженных пар, коэффициента конвективной теплопередачи сопряженной зубчатой поверхности и торцевой поверхности в условиях скольжения, а также последующего построения конечноэлементной модели подвижных зубьев для выполнения термоанализа. Распределение тепловой деформации и напряжений в модели сопряжения единичного зуба зубчатого сцепления анализировали путем оценки взаимовлияния термических и механических напряжений с использованием пакета программ ANSYS. Рассмотрена также жесткость сцепления при термоупругой деформации. Показано, что коэффициент поверхностной теплопередачи подвижных зубьев имеет большие значения при благоприятных условиях теплоотдачи. Коэффициент теплопередачи зубчатого венца снижается по мере роста температуры в этой зоне. Численное моделирование тепловой деформации показало существенное снижение жесткости зубчатого сцепления. Полученные результаты позволяют теоретически описать эффект влияния температурного режима системы зубчатой передачи на ее динамические характеристики.

К. К. Мяо, М. Л. Жуанг, Б. Донг, “Оценка коррозии под напряжением многожильных проволочных канатов вантового моста методом аппроксимации поверхности отклика”, *Проблеми міцності*, № 4, 164–172 (2019).

Изучено совместное влияние напряжения и трех экологических факторов (температура, концентрация хлора и pH агрессивного раствора) на скорость коррозии проволочных канатов вантового моста. Выполнены испытания на коррозию под напряжением с использованием метода аппроксимации поверхности отклика. Скорость коррозии проволоки измеряли методом электродной поляризации с помощью разработанного нагружающего устройства. Получена зависимость между скоростью коррозии и напряжениями, действующими на проволоку. Фактическая скорость коррозии под воздействием различных экологических факторов (температура, кислотный дождь, содержание хлоридов в воздухе) аппроксимируется функцией отклика поверхности. Выполнен сравнительный анализ эффективности ряда функций с последующим определением значимости выбранной функции. С ростом напряжений скорость коррозии увеличивается с нарастающим ускорением, четыре фактора можно расположить в порядке убывания их влияния на скорость коррозии: pH агрессивного раствора, температура, напряжение и концентрация хлора, совместный эффект определяется их комбинацией и количеством.

К. Л. Ву, “Оценка скорости коррозии арматурного стержня железобетонной конструкции под действием морской среды”, *Проблеми міцності*, № 4, 173–180 (2019).

Исследованы арматурные стержни, смонтированные в железобетонную конструкцию. Построена математическая модель определения скорости коррозии арматурного стержня для макроколичественной оценки и прогнозирования явлений коррозии в железобетонных конструкциях с использованием методов определения регионального натурального влияния морской среды и ускоренной коррозии в лабораторных условиях. Изучено влияние прочности бетона и содержания минеральной добавки на скорость коррозии арматурного стержня путем отбора образцов корродированных конструкций и измерения скорости коррозии арматурного стержня в различных условиях воздействия среды. Между содержанием свободных хлор-ионов на поверхности арматурного стержня и скоростью коррозии существует линейная зависимость.

Г. Лай, Д. М. Гонг, Д. З. Тан, Д. С. Жу, В. Х. Джаи, Кс. Д. Лу, “Влияние термического старения в кислой среде на релаксацию сжимающих напряжений силиконовой резины”, *Проблеми міцності*, № 4, 181–188 (2019).

Изучена сжимаемость силиконовой резины, используемой в качестве прокладок топливных элементов с протоннообменными мембранами. Образцы подвергали старению при различных условиях испытания: высокая температура, влажный воздух, кислые растворы, приготовленные в соответствии с реальными условиями эксплуатации топливных элементов. Проведены испытания образцов на сжатие и релаксацию напряжений. Температура, влажный воздух и кислый раствор оказывают существенное воздействие на механические характеристики силиконовой резины. Все три фактора могут вызывать увеличение модуля релаксации напряжений и остаточной деформации при сжатии. Воздействие высокой температуры и кислого раствора более выражено. Они могут ускорять деградацию механических свойств и снизить качество уплотнения, что повлияет на срок службы топливных элементов. Это создает основу для прогнозирования срока службы силиконовой резины при проведении соответствующих ускоренных испытаний на выносливость.

Д. Ксинг, Й. Й. Ченг, З. Йи, “Оптимизация НДС и точности формы деталей из углеродистой стали, полученных методом многоточечной формовки растяжением”, *Проблеми міцності*, № 4, 189–200 (2019).

Многоточечная формовка растяжением, в отличие от обычного обтяжного штампа, представляет собой универсальную технологию, применяемую в листовой штамповке. Наиболее важное преимущество этой технологии заключается в формировании большого количества различных деталей на одной машине. Обычный многоточечный штамп оставляет лунки на поверхности детали. Рассмотрены три схемы расположения многоточечного штампа: обычная,

наклонная, смещенная, что позволяет сравнивать эффект формования. В эксперименте рассматривали детали сферической формы. Выполнены численный анализ и соответствующие эксперименты. Результаты моделирования хорошо согласуются с экспериментальными данными. При использовании наклонной и смещенной схем напряжения, деформации и утонение детали уменьшаются. Напряжения распределяются более равномерно. Количество лунок и канавок растяжения уменьшается, качество формования улучшается. Наилучший результат наблюдается в случае смещенной схемы. Результаты исследования подтверждают целесообразность разработки нового многоточечного штампа.

С. М. Ху, Л. Хуанг, З. Д. Чен, З. М. Джи, З. Лиу, “Влияние выборочного интервала и анизотропии на точность лазерного сканирования при измерении поверхностной шероховатости материала породы”, *Проблеми міцності*, № 4, 201–211 (2019).

Трехмерное лазерное сканирование – современный метод измерения поверхностной шероховатости. Точное измерение шероховатости поверхности изломов (разрывов) приобретает практическое значение для оценки механических свойств разрушенного материала породы. Рассмотрено более подробно возможное влияние выборочного интервала на точность измерения шероховатости. Этот эффект изучали с помощью 3D облачного массива данных для поверхности излома, полученных с помощью лазерного сканирования. Серия 2D профилей, соответствующих 12 направлениям, получена от окон выборки в концентрическом круге различного диаметра. Точность измерения шероховатости получила количественное выражение в виде трех параметров: среднеквадратическая первая производная  $Z_2$ , структурная функция  $SF$  и показатель профиля шероховатости  $R_p$ . Эффект выборочного интервала изучен при его разных значениях путем анализа трех параметров различных профилей. Установлено, что  $SF$  очень чувствительна к изменению выборочного интервала, тогда как  $Z_2$  и  $R_p$  менее чувствительны. Выборочный интервал оказывает гораздо меньшее влияние на шероховатость изломов материала породы по сравнению с анизотропией.