

ОТ НАУЧНОГО РЕДАКТОРА



ЛУЦЕНКО
Алексей Николаевич

начальник Испытательного центра,
кандидат технических наук

Выход в свет специального номера журнала «Авиационные материалы и технологии» – итог работы научной школы, проведенной во ФГУП «ВИАМ», по теме «Физико-механические характеристики материалов: методы определения, анализа и представления результатов», посвященной 100-летию со дня рождения Софьи Исааковны Кишкиной – профессора, доктора технических наук.

Софья Исааковна Кишкина (Ратнер) – выдающийся ученый и исследователь в области прочности авиационных материалов. Знакомство с металлом, изучению природы которого была посвящена вся ее творческая жизнь, началось после школы ФЗУ в цехах завода «Червоний Ливар», куда она поступила учеником слесаря. Затем два года работы на Metallургическом заводе им. Г.И. Петровского слесарем по ремонту станков и одновременно учеба на вечернем отделении Днепропетровского металлургического института. Поступление в Московский институт стали, по окончании которого она была принята на работу во Всесоюзный институт авиационных материалов, окончательно определило судьбу С.И. Кишкиной.

Вся ее творческая жизнь прошла в стенах Всесоюзного (а затем Всероссийского) института авиационных материалов. На годы ее работы приходятся существенные подвижки в сфере формирования критериев предельных состояний материалов. Четыре монографии Софьи Исааковны знаменуют этапы изысканий, направленных на понимание природы прочности металлических материалов, в глобальной проблеме механики твердого тела.

Первая монография «Прочность и пластичность металлов», вышедшая в свет в 1949 г., посвящена проблеме установления предельного со-

стояния металла при статическом нагружении. Используя различные схемы нагружения, С.И. Кишкина убедительно доказывает влияние напряженно-деформированного состояния материала на механические характеристики металла. В этой работе она проявляет искусство экспериментатора: определяет нагрузку и деформационные характеристики материала при кручении с шагом 0,3 град; при исследовании разрушения металла и пластических характеристик оперирует давлением свыше 2000 МПа. С.И. Кишкина уделяет внимание возможности повышения прочностных характеристик металла не только традиционными методами (путем термической обработки), но и используя механическое воздействие. Впоследствии это направление – поверхностное упрочнение – стало определяющим для повышения усталостной долговечности материалов и, как следствие, увеличения ресурса деталей планера летательных аппаратов. При анализе фактора повышения прочности при переменных нагрузках металлов при поверхностном наклепе Софья Исааковна показывает, что данный эффект достигается не только за счет возникновения сжимающих напряжений, но и благодаря повышению сопротивления разрушению деформированного слоя. Она также обращает внимание на возможные фазовые превращения в упрочняемом слое для структур, находящихся в метастабильном состоянии, и подтверждает это экспериментально. В монографии «Прочность и пластичность металлов», ставшей краеугольным камнем для всех последующих изысканий, С.И. Кишкина выявляет сложную реакцию структуры материала на напряженно-деформированное состояние, что подтверждается всеми ее последующими изысканиями.

В конце 40-х годов прошлого века в авиационной практике стала актуальной проблема установления предельного состояния материалов в области переменных нагрузок, характеризующихся высоким уровнем напряжений и относительно малой базой нагружения, исчисляемой 10^3 – 10^4 цикл. Для обозначения данной проблемы использовали понятие «статическая выносливость», которое впоследствии было заменено на термин «малоцикловая усталость», чему в немалой степени способствовали работы Софьи Исааковны.

В своей следующей монографии «Разрушение при повторных нагрузках» С.И. Кишкина анализирует обширный зарубежный опыт и собственные экспериментальные материалы по исследованиям в области малоцикловой усталости, рассматривает физическую сущность явления усталости и пытается выяснить, с какой первичной характеристикой механических свойств металла связан предел выносливости. Проблему усталостного разрушения она сводит к очевидным вопросам: почему сопротивление разрушению при циклических нагрузках в широком интервале температур ниже, чем при статической нагрузке, и каков механизм образования и распространения усталостной трещины? Проанализировав результаты экспериментов многочисленных исследователей, Софья Исааковна приходит к заключению, что «...под действием повторных нагрузок в материале могут протекать одновременно два процесса: снижение сопротивления отрыву и изменение сопротивления пластической деформации. Относительное значение каждого процесса зависит от свойств материала, уровня напряженности и вида напряженного состояния». Рассматривая проблему зарождения трещин на субмикроскопических дефектных участках, неизбежно присутствующих в материалах согласно теории Гриффитса, С.И. Кишкина обращает внимание на ряд парадоксальных экспериментальных фактов: «...некоторые, возникшие при циклической нагрузке трещины не развиваются в процессе усталости; окончательное разрушение не всегда начинается от наиболее длинной трещины»; «...образцы с предварительно созданной усталостной трещиной имеют иногда более высокие пределы выносливости, чем образцы с резким надрезом». Софья Исааковна экспериментально показала, что усталостное нагружение может изменить характер и природу разрушения – разрушение образца от касательных напряжений при статическом нагружении может измениться на разрушение от нормальных напряжений при циклических нагрузках. Основное же заключение, к которому приходит ученый, состоит в том, что «...при циклических нагрузках, так же как и при статической нагрузке, могут наблюдаться два вида разрушения – разрушения от нормальных и касательных напряжений. В общем случае тип

разрушения будет зависеть от условий нагружения: уровня напряженности, степени асимметрии цикла, вида напряженного состояния, наличия концентраторов напряжения, а также от особенностей материала».

Основное достоинство монографии «Разрушение при повторных нагрузках» состоит не в теоретических исследованиях природы усталостного разрушения, которые ведутся и в настоящее время, а в ее практической направленности, позволяющей конструкторам и специалистам, занимающимся вопросами прочности, правильно ориентироваться в выборе материала для деталей, подверженных переменным нагрузкам. Наряду с исследованием усталостной прочности металлических материалов в монографии приводятся обширные данные по усталостной прочности болтовых, заклепочных и сварных соединений, что в еще большей степени повышает ее значимость. В эпилоге Софья Исааковна формулирует задачи для будущих исследований, отмечая, что «...вопрос о чувствительности материалов к усталостной трещине, о моменте ее появления и о том, сколько может «жить» образец (или деталь) с усталостной трещиной... имеет также огромное практическое значение». Эти положения, фактически составляющие основу современных методов оценки усталостной долговечности материалов и ресурса конструкций, были сформулированы в то время, когда не появился еще такой раздел механики твердого тела, как механика разрушения, и не был декларирован принцип «безопасной повреждаемости».

Появление в 60-х годах прошлого века работ по механике разрушения кардинально изменило подход к оценке процесса разрушения, который перестал рассматриваться как одномоментный акт, реализуемый при достижении в данной точке предельного состояния, описываемого тензорами напряжений или деформаций. Разрушение стало трактоваться как кинетический процесс развития дефекта до некоторой критической величины, при которой происходит самопроизвольный рост трещины под действием упругой энергии, аккумулированной твердым телом. Вместо характеристики «сопротивление разрушению» сформировался новый критерий предельного состояния – коэффициент интенсивности напряжений.

Еще одна монография С.И. Кишкиной «Сопротивление разрушению алюминиевых сплавов», вышедшая в 1980 г., посвящена поиску и критериям предельного состояния материала с учетом дефектов типа усталостных трещин. Круг исследуемых материалов ограничен в монографии высокопрочными алюминиевыми сплавами, на которые в тот период приходилось до 80% от массы планера широкофюзеляжного самолета. Несмотря на то что проблема разрушения металлов, казалось бы, полностью решена и найдены характеристики предельного состояния, включающие

не только напряжения, но и размеры дефекта, Софья Исааковна продолжает исследовать механические свойства материалов. Основная часть монографии посвящена проблеме усталостной долговечности алюминиевых сплавов при традиционном подходе к проведению экспериментов, когда за предельное состояние принимается не усталостное разрушение, а факт образования усталостной трещины. Данный подход предвосхитил оценку ресурса самолета, базирующуюся на сумме наработки изделия до возникновения усталостной трещины и наработки, характеризующей ее развитие до критического размера. Однако если определение наработки детали при развитии усталостной трещины, так же как и оценка критического размера трещины, может опираться на закономерности, сформированные механикой разрушения, то предельное состояние, при котором начинает возникать усталостная макротрещина, остается определяющим предметом исследования. Такой взгляд на определение усталостной долговечности материала и на этой основе – ресурса самолета, представленный Софьей Исааковной в монографии, правомерен, поскольку на наработку до возникновения усталостной трещины приходится более 70% ресурса изделия, спроектированного на основе принципа «безопасной повреждаемости».

В монографии рассматривается и проблема фреттинг-усталости, которая стоит особняком в ряду проблем испытаний на усталость и находится в пограничной области с трибологией, но крайне важна для определения выносливости ушковых соединений и болтовых стыков. Таким образом, еще раз следует отметить практическую нацеленность данной монографии.

С.И. Кишкина также рассматривает направления повышения выносливости деталей из алюминиевых сплавов, основными из которых, по ее мнению, являются улучшение качества металлур-

гического производства и технологии изготовления полуфабрикатов, применение поверхностного упрочнения и локального пластического деформирования, использование напряженного крепежа и дорнирования отверстий для повышения выносливости болтовых и ушковых соединений.

Завершая монографию «Сопротивление разрушению алюминиевых сплавов», Софья Исааковна, верная принципу практической направленности любого исследования, приводит конкретные рекомендации по применению алюминиевых сплавов в конструкции летательных аппаратов. Отмечая, что «...трудно найти материал, который был бы лучшим во всех отношениях, т. е. при высокой статической прочности имел бы хорошее сопротивление усталости, коррозии под напряжением, высокую вязкость разрушения, малую скорость распространения усталостной трещины», ученый указывает современным разработчикам летательных аппаратов, что «...конструкции должны не только отвечать требованиям безопасной повреждаемости, но и отличаться высокой выносливостью, иначе они будут неэкономичны». Предостерегая конструкторов от чрезмерного увлечения трещиностойкостью, она обращает внимание материаловедов на возможности новых принципов «проектирования» самолета материала, направляя их на создание материалов с высокой выносливостью.

В предисловии затронуты только основные этапы научно-исследовательской деятельности Софьи Исааковны. Редколлегия журнала считает необходимым и целесообразным более глубоко и детально познакомить читателя с биографией и творческим вкладом С.И. Кишкиной, отмечая разностороннюю направленность ее изысканий. В сборник включены разноплановые доклады, в которых отражены всесторонние научные интересы С.И. Кишкиной. Редакция посвящает свой скромный труд памяти этого выдающегося уче-