

УДК 620.22: 621.771: 620.178.322.3

## СОПОСТАВИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЦИКЛИЧЕСКОЙ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ПРИ ПЛОСКОМ ЧИСТОМ ИЗГИБЕ СТАЛЕЙ 08кп И 08Х18 И МНОГОСЛОЙНОГО МЕТАЛЛИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА НА ИХ ОСНОВЕ

Девятков Павел Аркадьевич<sup>(1)</sup>

*Магистр 1 года<sup>(1)</sup>,*

*кафедра «Материаловедение»*

*Московский государственный технический университет им Н.Э. Баумана*

*Научный руководитель: А.А. Минаков,*

*старший преподаватель каф. МТ8 «Материаловедение» МГТУ им. Н.Э. Баумана*

Один из активно исследуемых типов новейших конструкционных материалов — это класс многослойных металлических материалов. Эти материалы обладают многослойной (ламинарной) структурой, что позволяет им сочетать высокие прочностные и ударные свойства [1]. Тем не менее, до сих пор усталостные характеристики таких материалов не были изучены. Особенно интересно провести исследование усталостных характеристик многослойных металлических материалов, основанных на сталях.

Многослойные металлические материалы на основе сталей изготавливаются по экспериментальному технологическому процессу, состоящему из нескольких циклов. В начале первого цикла используются листы стандартных сталей толщиной 0,5 мм, которые нарезаются на мерные карточки. В ходе данного исследования применялись листы сталей двух марок – 08кп (низкоуглеродистая сталь) и 08Х18 (нержавеющая сталь). После обработки поверхности карточек они собираются в многослойный пакет, включающий 100 чередующихся листов, по 50 штук каждого типа. После вакуумирования пакета и его горячей пластической деформации при температуре 800 °С получается многослойный материал толщиной 2 мм с ламинарной структурой, где толщина одного слоя составляет 20 мкм. Далее технический цикл можно повторить, используя в качестве исходных материалов многослойные листы, полученные при предыдущем цикле: таким образом получить многослойный лист с большей ламинарностью структуры.

В качестве исходных материалов для усталостных испытаний на определение циклической долговечности: низкоуглеродистая сталь 08кп с толщиной 2 мм, нержавеющая сталь 08Х18 с толщиной 2 мм и многослойный металлический материал 08кп+08Х18, полученный после первого технологического цикла, толщиной 2 мм.

Из вышеупомянутых материалов были изготовлены усталостные образцы по типу № 4 согласно ГОСТ 25.502-79 «Расчеты и испытания на прочность в машиностроении. Методы механических испытаний металлов. Методы испытаний на усталость». Для определения циклической долговечности была использована усталостная машина «Schenk-Erlinger», в которой реализуется схема чистого плоского изгиба. Для точного определения изгибающих напряжений был использован тензометрический метод определения напряжений. Напряжения определялись при предварительной тарировке испытательной усталостной машины с помощью тензометрического цифрового измерителя деформации НТЦ-13.01.10, в котором реализуется полумостовая схемы Уитстона.

В ходе усталостных испытаний вышеупомянутых материалов была определена циклическая долговечность при различных значениях изгибающих напряжений. Полученные значения позволили построить кривые Вёлера (рис. 1), по которым для

исследуемых материалов были определены пределы выносливости. Так для низкоуглеродистой стали 08кп предел выносливости составил  $\sigma_{-1} = 179,1$  МПа, для нержавеющей стали 08Х18 –  $\sigma_{-1} = 165,7$  МПа, и для многослойного металлического материала 08кп+08Х18 предел выносливости составил  $\sigma_{-1} = 267,7$  МПа.

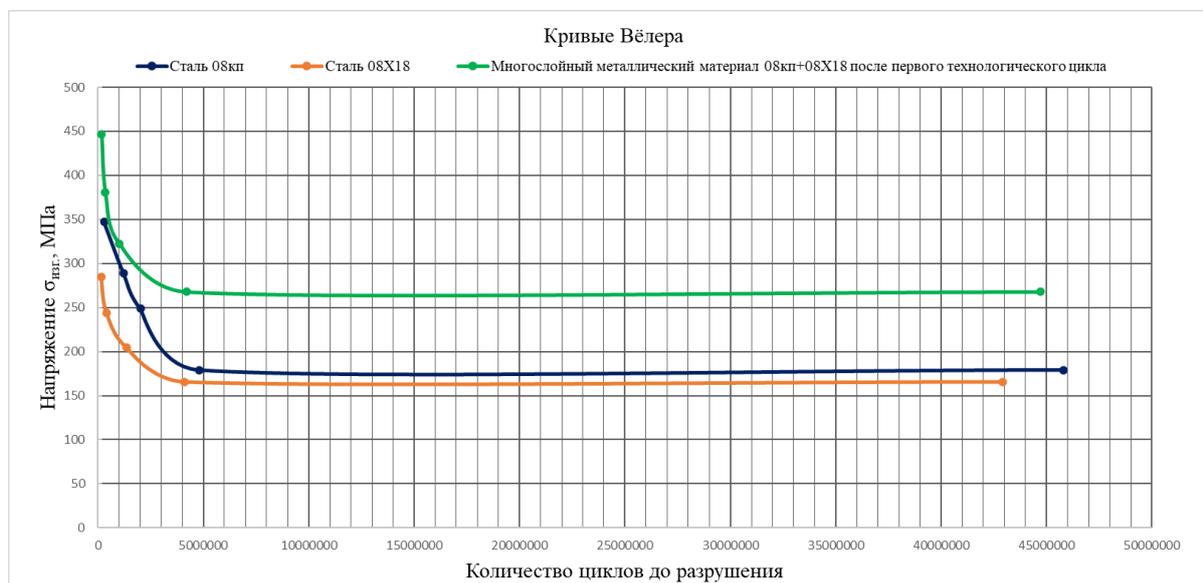


Рисунок 1. Кривые Вёлера для сталей 08кп и 08Х18 и многослойного металлического материала 08кп+08Х18 после первого технологического цикла

Проанализировав полученные графики, можно сделать вывод о том, что у многослойного металлического материала 08кп+08Х18 предел выносливости оказался значительно выше, чем у отдельно взятых сталей 08кп и 08Х18. Увеличение предела выносливости составило 1,5 – 1,6 раза. Такое резкое увеличение предела выносливости у многослойного металлического материала, прошедшего всего лишь один технологический цикл, можно объяснить следующим. Дело в том, что в многослойных металлических материалах в отличие от привычных объёмных поликристаллических машиностроительных материалов протекающие деформационные процессы приобретают совершенно иной характер. Как показывают исследования с использованием методов молекулярной динамики, в многослойных металлических материалах деформационные механизмы проходят в пределах слоя в силу того, что толщина слоя достигает малых значений, находящихся в субмикронном и нанометрическом диапазоне [2]. Модель Холла-Петча и правило смесей для таких материалов перестает работать. Деформационные механизмы становится невозможно описывать скольжением плоского скопления дислокаций. Для таких материалов деформация должна рассматриваться с точки зрения скольжения единичных дислокационных петель параллельно поверхностям раздела.

## Литература

1. Колесников А.Г. Конструкционные металлические материалы с субмикро- и наноразмерной структурой / А.Г. Колесников, А.И. Плохих // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Сер. Приборостроение. Спецвыпуск «Наноинженерия» – 2010. – С. 44-52.

3. Wang J., Misra A. *An overview of interface-dominated deformation mechanisms in metallic multilayers // Current Opinion in Solid State and Materials Science. – 2011. – N. 15. P. 20-28.*
-