

В месте удара шарика, имеющего, например, скорость 60 м/с, мгновенная температура достигает 600 °С. Поэтому локальный нагрев, которым сопровождается пластическое деформирование, снижает эффект наклена тонких слоев и вызывает смещение зоны максимального значения микротвердости в подповерхностный слой. Разупрочнение, вызываемое распадом мартенсита, усиливается с увеличением времени наклена.

При наклете в течение 1,5 мин микротвердость снижается в слое толщиной до 45 мкм. При упрочнении в течение 2 мин и особенно 4 мин, микротвердость максимальна на расстоянии соответственно 60 и 140 мкм от поверхности.

Из обобщенной зависимости влияния времени (энергии) упрочнения на твердость поверхностного слоя видно, что наибольшая микротвердость наблюдается на поверхности лишь при наклете элемента поверхности в течение времени, меньшего 1 мин ($E_{y\delta} < 56 \text{ кДж/м}^2$).

Упрочнение в течение времени, меньшего 2 мин ($E_{y\delta} < 112 \text{ кДж/м}^2$), повышает микротвердость поверхности, но максимальное ее значение находится под поверхностью.

Более продолжительный наклеп снижает твердость поверхности и увеличивает разность твердостей поверхности и наиболее упрочненного слоя. Время наклена, большее 4 мин ($E_{y\delta} < 224 \text{ кДж/м}^2$), приводит к снижению твердости наиболее упрочненного слоя; микротвердость на поверхности снижается ниже исходного значения.

УДК 620.1:539.4

ПАРАМЕТРИЧЕСКАЯ НАДЕЖНОСТЬ ВОССТАНОВЛЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

В. Э. Завистовский

Полоцкий государственный университет, Новополоцк

Долговечность коленчатых валов определяется сопротивлением усталости и износостойкостью. Сопротивление усталости – главный критерий качественного восстановления изношенных шеек коленчатых валов. Отрицательное влияние на сопротивление усталости оказывают растягивающие напряжения, которые вызываются неоднородностью пластической деформации, различием коэффициентов расширения основного и наплавленного металлов, структурными превращениями в наплавленном металле

и зоне термического влияния. Результатом возникновения остаточных рас-тягивающих напряжений являются низкая прочность и малая пластичность слоя, образующегося в процессе наплавки на границе сплавления основного и наплавочного металлов (рис. 1).



Рис. 1. Фрагмент разрушенного коленчатого вала восстановленного (*а*) и вид поверхности излома (*б*). Материал вала – ВЧ50

Сопротивление деталей машин с покрытиями усталостному разрушению в значительной степени зависит от состава, структуры и свойств материала подложки и покрытия, а также от технологии того или иного метода получения защитного покрытия, характера и параметров нагружения. Данные о трещиностойкости при циклическом нагружении чугуна ВЧ50 показали, что этот материал обладает сравнительно высоким сопротивлением развитию усталостных трещин.

Физический механизм этого может быть объяснен временным торможением трещины, т.к. на ее пути возникают нарушения сплошности в виде графитовых включений, приводящие к снижению концентрации напряжений у вершины трещины (особенно в упрочненном слое), где эти включения благоприятным образом деформированы.

В настоящее время достаточно сложно выделить единую общепризнанную теорию усталостного разрушения, построенную на физических процессах, сопровождающих это явление. Многие исследователи объясняют это тем, что в зависимости от структурного состояния материала и условий циклического нагружения возникают и действуют различные механизмы зарождения и развития усталостных трещин.

Теория дислокаций, структурно-энергетическая и другие теории существенно помогают раскрыть природу явления усталости. Исследования

изломов показали, что между зонами псевдоброздчатого рельефа излома и бороздчатого рельефа существует переходный участок в развитии трещины. Он характеризуется тем, что в отдельных зонах излома на фасетках выявляются усталостные бороздки. Их шаг составляет несколько сотых долей микрометра и в направлении развития трещины его величина изменяется дискретно, а сами бороздки наблюдаются лишь в отдельных участках излома.

Отказ материала с покрытием в значительной степени определяется наличием дефектов в металле и материале покрытия, а также их взаимодействием с частицами присадочного материала (рис. 2).

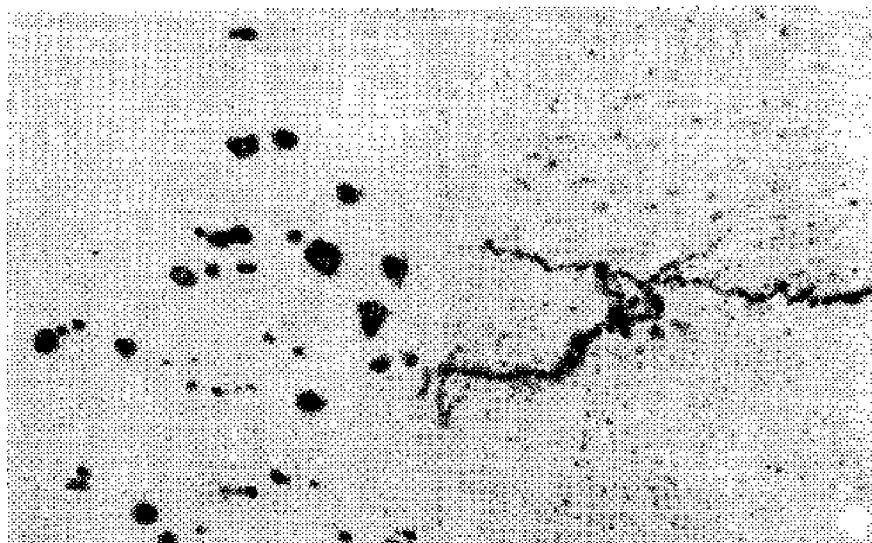


Рис. 2. Начало межкристаллитной микротрещины в металле покрытия на границе зерна (увеличение 100:1)

Наличие дефектов обусловлено как технологией изготовления изделия, так и его эксплуатацией. Н.А. Махутов и др. предложили непровары, поры, несплавления и другие дефекты при расчетах показателей надежности рассматривать как трещины. Если обозначить критический размер дефекта a_c , размер дефекта в момент времени $t - a_t$ и считать их фиксированными случайными величинами, то вероятность безотказной работы $R(t)$ материала с покрытием можно представить в виде вероятности:

$$R(t) = 1 - F(t) = P\{a_t \leq a_c\} = \int_0^{\infty} [1 - F_t(a_t, Q_t)] f_c(a_c, Q_c) da_c, \quad (1)$$

где $F(t)$ – функция распределения ресурса; $f_c(a_c, Q_c)$ – плотность распределения критического размера дефекта; Q_c Q_t – векторы параметров распределения, зависящие от времени t .

В качестве аппроксимирующей функции плотности распределения размера дефекта можно использовать: двухпараметрический закон Вейбулла – Гнеденко, распределение Эрланга, законы нормального и равномерного распределения. Размер критического дефекта можно найти через характеристики статической трещиностойкости. Функция риска $h(t)$ определяется из выражения

$$h(t) = F'(t) / (1 - F(t)), \quad (2)$$

где $F'(t)$ – производная функции распределения ресурса по времени t .

Эксплуатация целого ряда механизмов недопустима при наличии в ответственных деталях макроскопических трещин. Ресурс таких деталей будет лимитироваться временем развития малых трещин до образования одной или нескольких макротрещин длиной, достаточной для их надежной идентификации методами неразрушающего контроля.

УДК 621.7.044

СВАРКА ТРЕНИЕМ С ПЕРЕМЕШИВАНИЕМ. ОСОБЕННОСТИ, ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ, АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИЧНОСТИ

Д. П. Рудак, К. В. Черневич, О. П. Штемпель

Полоцкий государственный университет, Новополоцк

Сварка трением с перемешиванием (FSW – Friction Stir Welding) – процесс сварки в твердой фазе без расплавления металла.

Проведены исследования зависимости между скоростью вращения и максимальной температурой при ротационной сварке алюминиевого сплава АД35 (рис. 1). Перепад температур на поверхностистыка и у его корня влияет на процесс деформации сверхпластичного металла.

Установлено, что при увеличении частоты вращения (возрастании энерговложения) твердость по сечению ядра сварной точки более однородна, что влечет увеличение размеров зерен.

Проведено сравнение сварки трением с перемешиванием с другими методами сварки. Деформация минимально ограниченного пространства при малом тепловложении и при твердом состоянии материала определяет качество сварки трением с перемешиванием выше качества других методов сварки (рис. 2).