

## УПРОЧНЕНИЕ ШЕЕК КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ПРИ ИХ ВОССТАНОВЛЕНИИ НАПЛАВКОЙ

*Кастрюк А.П., Вигерина Т.В.*

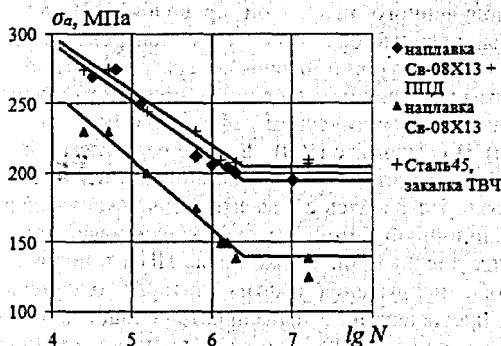
Полоцкий государственный университет,  
Новополоцк, Республика Беларусь

В настоящее время 50-80 % всех известных способов восстановления деталей машин связаны с различными способами наплавки [1]. Наплавленные покрытия труднообрабатываемы и приводят к снижению усталостной прочности. Это определяют характерные дефекты наплавленных слоев металла, к которым относятся пористость, наличие трещин, неоднородность химического состава и структуры, наводороживание с возникновением растягивающих остаточных напряжений. Применение ППД в качестве одной из операций чистой обработки наплавленных поверхностей может уменьшить влияние некоторых из приведенных дефектов, благодаря чему в поверхностном слое возникают сжимающие напряжения, способствующие повышению усталостной прочности деталей на 30-60 % и износоустойчивости – в 1,5-1,7 раза со снижением шероховатости поверхности упрочняемой детали. В результате применения поверхностного пластического деформирования (ППД) в технологии восстановления деталей возможно восстановление эксплуатационных свойств до показателей новых деталей.

Наша задача сводилась к обоснованию выбора материала, который после наплавки обладает высокой склонностью к упрочнению ППД и выбору режимов его обработки.

Упрочнение материала при деформировании можно объяснять с помощью дислокационной теории [2], из которой следует, что дислокации концентрируются возле линий скольжения. Около дислокаций образуются поля напряжений, поэтому для дальнейшего их распространения необходимо приложить большее усилие по сравнению с усилием для деформирования неупрочненного материала. Перемещающиеся дислокации задерживаются, если встречают на своем пути препятствия в виде других дислокаций, границ зерен или стенок кристаллов, что объясняет повышение усталостной прочности после ППД и

подтверждается экспериментальными данными, приведенными на рисунке 1.



$\sigma_a$  – амплитуда переменных напряжений;  $N$  – число циклов нагружения до разрушения образца

Рисунок 1 – Кривые усталости образцов: упрочненных закалкой ТВЧ, наплавленных с упрочнения, наплавленных с упрочнением ППД

Способность материала к деформационному упрочнению зависит в большой степени от его структуры [2]. С увеличением содержания углерода в сталях пропорционально снижается и прирост твердости, несмотря на повышение усилия прижатия инструмента к заготовке [3]. Степень пластической деформации  $\epsilon$  при обкатывании роликом с усилием прижатия  $P = 2900$  Н равна 0,3.

Исследования микрорельефа поверхности детали, проведенные с помощью анализа профилограмм и кривых опорных поверхностей после различных видов обработки, показали, что введение операции ППД после чистового шлифования позволяет улучшить микропрофиль поверхности, а именно, происходит смятие острых кромок микронеровностей и перераспределение материала в шероховатом слое (рисунок 2).



P, %	Tr, %	P, %	Tr, %
5	0,5	40	94,6
10	4,6	50	95,5
15	10,3	60	96,1
20	22,6	70	96,8
25	43,0	80	97,8
30	64,6	90	99,3

P, %	Tr, %	P, %	Tr, %
5	2,8	40	96,9
10	9,7	50	99,2
15	14,1	60	99,4
20	41,0	70	99,5
25	87,1	80	99,7
30	96,5	90	99,7

$R_a = 0.490$  мкм     $R_z = 2.357$  мкм  
 $R_{max} = 3.791$  мкм     $S_m = 40.60$  мкм

$R_a = 0.165$  мкм     $R_z = 1.075$  мкм  
 $R_{max} = 2.571$  мкм     $S_m = 31.01$  мкм

а)

б)

а) шлифование, б) шлифование + ППД + полирование

Рисунок 2 — Кривые опорных поверхностей после различных видов обработки

Микроструктура покрытия, полученного наплавкой проволоки Св-08Х13, представляет собой пересыщенный твердый раствор с мелкодисперсными карбидами хрома. Сплавы с подобной структурой и низким содержанием углерода имеют способность к значительным увеличениям твердости, прочности и износостойкости в результате наклепа (при пластическом деформировании со значительной степенью деформации). В результате ППД в поверхностном слое наплавленного покрытия образуется текстура с повышенной концентрацией дефектов кристаллической решетки. Встречаясь с дефектом, дислокация обходит его, оставляя на нем дислокационную петлю, которая увеличивает сопротивление движению последующих дислокаций. Также после ППД в покрытии возникают внутренние остаточные напряжения сжатия, которые блокируют раскрытие усталостных трещин, превращая их в нераспространяющиеся [4]. В результате наклепа под влиянием контактного давления преимущественная

ориентация структурных составляющих в радиальном направлении изменяется на ориентацию вдоль обрабатываемой поверхности, что с увеличением плотности дислокаций с  $0,566 \cdot 10^7$  до  $0,712 \cdot 10^9$  см<sup>-2</sup> препятствуют росту усталостных трещин. Сами дислокации являются препятствиями для перемещающихся дислокаций, что объясняет повышение усталостной прочности после ППД и подтверждается полученными результатами.

Следовательно, введение в технологию восстановления валов наплавкой проволокой Св-08Х13 операции поверхностного пластического деформирования обкаточным роликом с силой его прижатия ролика 2900 Н повышает предел выносливости восстановленных валов на 25–30 %.

#### СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Молодык, Н.В. Восстановление деталей машин: справочник / Н.В. Молодык, А.С. Зенкин. – М.: Машиностроение, 1989. – 400 с.
2. Кравчук, В.С. Сопротивление деформированию и разрушению поверхностно-упрочнённых деталей машин и элементов конструкций / В.С. Кравчук, Абу Айаш Юсеф, А.В. Кравчук. – Одесса: Астропринт, 2000. – 160 с.
3. Пшибыльский, В.В. Технология поверхностной пластической обработки / В.В. Пшибыльский. – М.: Металлургия, 1991. – 479 с.
4. Кудрявцев, И.В. Нераспространяющиеся усталостные трещины / И. В. Кудрявцев. – М.: Машиностроение, 1982. – 171 с.

УДК 621.5

### ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ЗАПРАВКИ АВТОМОБИЛЕЙ

*Довгялло А.И., Угланов Д.А., Цапкова А.Б., Шиманов А.А.*

Самарский государственный аэрокосмический университет  
(национальный исследовательский университет),

Самара, Российская Федерация

Сжиженный природный газ (СПГ) сегодня находит всё большее применение. Он используется для газификации коммунального хозяйства, промышленных предприятий, автотранспорта в местах и регионах, удаленных от газопроводной системы.

Существует ряд решений, которые позволяют использовать низкотемпературный потенциал СПГ для получения дополнительной энергии [1]. Одним из таких решений является установка в комплекс СПГ газовой турбины за теплообменником-испарителем, с помощью которой можно получить работу, которую затем возможно преобразовать в электрическую энергию. В данной публикации произведён расчёт схемы комплекса СПГ с установленными в нем тремя турбинами. В качестве аккумулятора давления в газификаторе используется ёмкость с криогенной заправкой (ЕКЗ) [2].

На основе ЕКЗ была спроектирована установка, утилизирующая низкопотенциальное тепло, при эксплуатации которой вырабатывается дополнительная электрическая энергия [1]. Энергоустановка, использующая запасённое низкопотенциальное тепло для производства энергии (по терминологии Г.Н. Алексеева [4]), называется теплоотрицательной. Принципиальная схема установки представлена на рисунке 1.