

Малая вертикальная жесткость подвешивания приводит к росту сил контактного взаимодействия колес и рельсов. Порожный режим движения характерен возникновением сил F_f примерно в четыре раза меньших по сравнению с гружеными цистернами. Диапазон изменения сил в зависимости от значений коэффициентов жесткости невелик.

Таким образом, рациональные значения коэффициентов вертикальной и горизонтальной жесткости рессорного подвешивания тележек для четырехосной железнодорожной цистерны можно рекомендовать в следующих пределах: $C_v = 3,8 \dots 4,2$ МН/м, $C_r = 4 \dots 4,5$ МН/м.

Проведенные исследования показали, что для обеспечения высоких динамических качеств четырехосных цистерн под них необходимо подкатывать тележки с более жестким рессорным подвешиванием в горизонтальной плоскости. Жесткость подвешивания в вертикальной плоскости серийных грузовых тележек вполне удовлетворяет высоким динамическим свойствам цистерны.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Соколов М.М., Хусидов В.Д., Минкин Ю.Г. Динамическая нагруженность вагона. — М.: Транспорт, 1981. — 207 с.
- 2 Ефремова З.Г. Математическая модель пространственных колебаний вагона с учетом возникновения пробуксовки между колесом и рельсом // РЖ ВИНТИ «Железнодорожный транспорт». — 1984. — № 8. — 14 с.
- 3 Гольдсмит В. Удар. Теория и физические свойства соударяемых тел. — М.: Стройиздат, 1965. — 448 с.

УДК 621.793

В. Э. Завистовский, Н. Л. Кравченко, Т. Ю. Мишина

СТАТИЧЕСКАЯ ПРОЧНОСТЬ МАТЕРИАЛОВ С ПОКРЫТИЯМИ

*Полоцкий государственный университет
Новополоцк, Беларусь*

Прочность металлических изделий как основная характеристика их служебной надежности не теряет своей актуальности на протяжении всей истории развития машиностроения. Однако, наибольшую остроту эта проблема приобретает в настоящее время, когда для решения новейших технических задач резко повысилась интенсивность использования несущей способности металла, приводящая к возрастанию ве-

роятности внезапного разрушения конструкции. Наличие покрытия приводит к созданию нового композиционного материала с резко различающимися свойствами сердцевины и поверхности.

Испытания на растяжение проводили на гладких образцах (ГОСТ 1497-84) с покрытием, рис. 1, на разрывной машине Р-20 с постоянной скоростью движения захватов 0,005 м/мин. Для разметки рабочей длины образцов использовали универсальную делительную установку модели ДМ-133. Относительное удлинение образца измерялось на всей рабочей длине. Разбивка рабочей длины $l = 100$ мм выполнялась на 20 частей с шагом 5 мм. Определяли относительное удлинение расчетной части образца $\Delta \epsilon$ в зависимости от приложенной нагрузки P в диапазоне от 0 до 40 кН.

В качестве материала основы использовали конструкционную сталь 20; покрытия получали путем газопламенного, плазменного и электродугового напыления порошков и проволоки на воздухе и объемного термического борирования образцов в электропечи. Напыление образцов производили вручную горелками малой мощности ГН-1, ГН-2 и малогабаритным плазмотроном на установке УПМ-4. Электродуговую металлизацию выполняли на установке ЭМ-6.

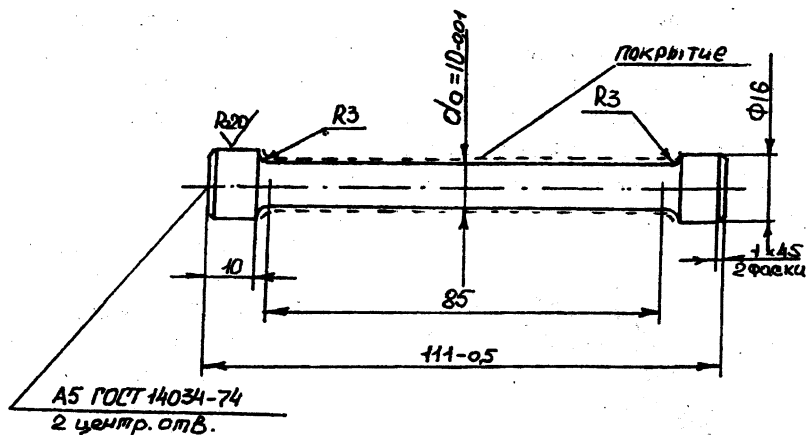


Рис. 1. Образец с покрытием для испытания на растяжение

По диаграммам растяжения, полученным при испытаниях, определены прочностные и деформационные характеристики (временное сопротивление σ_b , предел текучести σ_m , относительное удлинение δ , относительное сужение площади поперечного сечения ψ), приведенные в табл. 1

Таблица 1

Результаты испытаний на растяжение образцов из Стали 20 с покрытиями

Материал образца	$\sigma_{0,2}$, МПа	$\sigma_{0,2}$, МПа	δ , %	ψ , %
Сталь 20	422,2 - 428,4	243,1 - 252,4	26,4 - 25,4	55,0 - 52,0
Сталь 20 + диффузионное борирование ($\tau = 360$ мин; $t = 0,8 - 1,2$ мм)	413,7 - 415,2	222,3 - 228,2	23,2 - 22,0	64,0 - 60,0
Сталь 20 + газопламенное покрытие 40X13	416,6 - 418,2	229,8 - 233,7	17,9 - 14,2	67,0 - 62,0
Сталь 20 + плазменное покрытие ПГ-Сталь 45	418,4 - 419,9	221,8 - 228,4	13,8 - 12,6	66,0 - 63,0
Сталь 20 + плазменное покрытие ПГ-CP3	412,8 - 414,9	215,1 - 226,7	18,9 - 17,7	63,0 - 61,0
Сталь 20 + металлизация У8	407,4 - 411,3	216,4 - 218,5	15,9 - 14,3	69,0 - 66,0

Анализ полученных результатов испытаний при растяжении, рис.2, показывает, что не наблюдается повышение прочностных характеристик образцов как с газотермическими, так и с диффузионными покрытиями. Это можно объяснить различиями в напряженно-деформированных состояниях образцов (изгиб и кручение, одноосное растяжение), значительной разницей в пластических свойствах материала основы и покрытий и различием в механизмах разрушения.

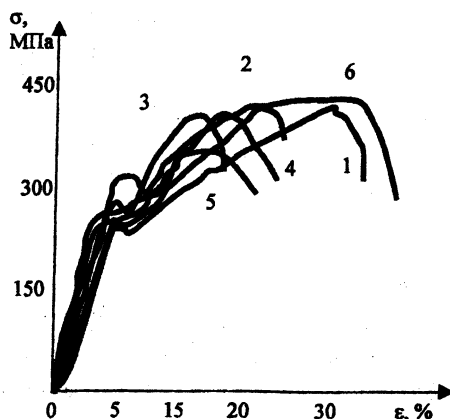


Рис. 2. Диаграммы растяжения образцов:

- 1 – Сталь 20 + диффузионное борирование;
- 2 – Сталь 20 + газопламенное покрытие 40X13;
- 3 – Сталь 20 + плазменное покрытие ПГ-Сталь 45;
- 4 – Сталь 20 + плазменное покрытие ПГ-CP3
- 5 – Сталь 20 + металлизация У8;
- 6 – Сталь 20

Материал основы Сталь 20 обладает большей пластичностью, чем любое из испытуемых покрытий, площадь сечения покрытия составляет не более 12 % всей пло-

щадя сечения образца и при напряжениях, примерно на порядок меньших предела текучести материала основы, происходит разрушение покрытия. Излом характеризуется типом "чашка - конус". Во внутренних областях сечения шейки возникает трехосное растяжение, накладывающееся на внешнее осевое растяжение [2]. При дальнейшем нагружении покрытие не участвует в процессе деформирования, а между покрытием и основой возникают касательные напряжения, превышающие адгезионную прочность материала покрытия и основы, рис.3. Можно предположить, что в металлах с покрытиями наблюдается переход от вязкого вида разрушения к квази-хрупкому. Замечено [3], что в области условий вязко-хрупкого перехода меняется целый комплекс свойств тела: уменьшается пластичность и поперечное сужение Ψ , увеличивается разброс свойств, проявляется аномальная зависимость характеристических напряжений от температуры и т.д.



Рис. 3. Вид образца с покрытием после испытания на растяжение

Результаты испытаний показали достаточно хорошую корреляцию с данными других исследователей [4,5] и подтвердили связь между пороговыми характеристиками прочности и остаточного поперечного сужения Ψ :

$$\sigma_{\tau} = [\sigma_{\sigma} / (1 - \Psi)]^{1-\Psi}$$

К факторам, влияющим на механические свойства нанесенных покрытий [6], можно отнести: структуру основы и покрытия, адгезионную прочность, наличие микродефектов, пор и включений, величину и характер остаточных напряжений, толщину слоя покрытия и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. Завистовский В.Э. Механика разрушения и прочность материалов с покрытиями.- Новополоцк: ПГУ, 1999.-144 с.
2. Завистовский В.Э., Холодилов О.В., Богданович П.Н. Физика отказов механических систем.- Мн.: Технопринт, 1999.- 212 с.
3. Владимирова В.И. Физическая природа разрушения металлов.- М.: Металлургия, 1984.- 280 с.
4. Иванова В.С., Баланкин А.С., Бунин И.Ж., Оксогоев А.А. Синергетика и фракталы в материаловедении.- М.: Наука, 1994.- 383 с.
5. Павлов П.А. Механические состояния и прочность материалов.- Л.: Издательство Ленинградского университета, 1980.- 176 с.
6. Завистовский В.Э., Моисеенко В.И. Твердость и прочность сцепления наплавленного покрытия из сплава ПГ-СР4 на сталь 20 // Материалы. Тех-

УДК 621. 81: 621 – 192

П.П. Капуста, Е.П. Рыжков, Е.К. Почтенный

ОЦЕНКА ВАРИАЦИИ ХАРАКТЕРИСТИК КРИВОЙ УСТАЛОСТИ В ПРОЦЕССЕ СНИЖЕНИЯ ПРЕДЕЛА ВЫНОСЛИВОСТИ

Белорусский национальный технический университет

НИРУП "Белавтотракторостроение"

Институт механики машин НАН Беларуси

Минск, Беларусь

1. Вводные положения и постановка задачи

Результатами многочисленных исследований показано, что в процессе циклического нагружения деталей машин, происходят весьма значительное снижение предела выносливости σ_R , что сказывается на величине их конечного значения σ_{RK} и долговечности [1 -9]. В связи с фактом снижения σ_R , в случае нерегулярного нагружения с течением времени увеличивается число повреждающих напряжений в нагруженном блоке, которые до снижения σ_R были меньше его начального значения и не являлись повреждающими. Следовательно, при снижении σ_R , число повреждающих уровней напряжений нагруженного блока σ_i увеличивается, а долговечность снижается. Учитывая выше изложенное, очевидным является вопрос вариации основных параметров кривой усталости, описываемой степенной функцией (показателя наклона левой ветви m и числа циклов до точки нижнего перелома N_C), в процессе снижения предела выносливости.

2. Обоснование выбора гипотезы о постоянстве m и N_C

в процессе снижения предела выносливости

Анализ состояния вопроса, проведенный выше, показал, что одной из гипотез может быть: $m = \text{const}, N_C = \text{const}$. Это позволит предложить более простой приближенный метод расчета деталей машин на долговечность, используя многочисленные справочные сведения по основным средневероятным параметрам кривых усталости. Однако, предложенная гипотеза о постоянстве характеристик m и N_C требует более тщательной экспериментальной проверки в случае описания кривых усталости степенной функцией.

3. Экспериментальная проверка гипотез о постоянстве m и N_C в процессе снижения предела выносливости

Данное исследование проведено на результатах испытаний 7 серии листовых