

К. Б. КАЦОВ, академик АН УССР Г. В. КАРПЕНКО

**ПРИМЕНЕНИЕ АДСОРБЦИОННОАКТИВНЫХ СРЕД
ПРИ ПОВЕРХНОСТНО ПЛАСТИЧЕСКОМ ДЕФОРМИРОВАНИИ
ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КОНТАКТНОЙ ВЫНОСЛИВОСТИ
ЗАКАЛЕННЫХ СТАЛЕЙ**

Долговечность деталей, передающих усилие непосредственно через поверхность контакта, зависит от способности поверхностного слоя, не разрушаясь, воспринимать концентрированные повторно-переменные контактные нагрузки, т. е. от контактно-усталостной прочности металла. Одним из простых и доступных методов повышения контактной выносливости закаленной стали является поверхностное пластическое деформирование (обкатка) рабочей поверхности (¹). Однако во всех исследованиях (^{2, 3}) при обкатке поверхности в качестве смазочно-рабочей среды применялось стандартное минеральное масло и при этом не учитывалось, что закономерности течения металла в тончайших поверхностных слоях теснейшим образом связаны с физико-химией смазочного действия и влиянием смазочных сред на деформацию поверхностного слоя при обкатке давлением.

Установлено (⁴⁻⁶), что адсорбционные эффекты, вызывающие понижение поверхностной энергии вследствие адсорбции поверхностно-активных веществ из смазки (окружающей среды), приводят к пластифицированию поверхностного слоя металла в процессе деформации и увеличению степени и глубины упрочнения поверхностного слоя.

Ниже приводятся результаты исследования, показывающие, что путем применения поверхностно-активных смазок при обкатке стали в цементированном и закаленном состоянии можно значительно повысить ее контактно-усталостную прочность по сравнению с прочностью, получаемой при обкатке на обычных минеральных маслах.

Исследования проводились на образцах диаметром 10 мм из стали 20ХНЗА, прошедших стандартную химико-термическую обработку (глубина цементации 1,5—1,7 мм, твердость поверхностного слоя 59—60 HRC).

Обкатку образцов проводили в 3-роликовом пружинном приспособлении за один проход при подаче 0,1 мм на оборот образца и контактном напряжении 700 дан/мм². В процессе обкатки в зону деформации обильно подавалась рабочая среда (масло или водопроводная вода) разной адсорбционной активности, что достигалось введением специальных добавок поверхностно-активных веществ (ПАВ). В качестве последних были применены 1) химически чистая стеариновая кислота C₁₇H₃₃COOH, 2) окисленный петролатум, представляющий собой продукт окисления парафинов и церезинов (кислотное число — 20 мг КОН), 3) смесь гудронов соапстока чернохлопкового масла и технического жира (кислотное число 60 мг КОН), 4) этерифицированный продукт смеси гудронов, в котором жирные кислоты переведены в сложные эфиры (кислотное число — 15 мг КОН) и 5) в воду — спирт ДС-10 «Синтанол».

Для принятых в исследовании режимов обкатки теоретическая глубина наклепанного слоя, подсчитанная по методике работы (⁷), равна 0,95 мм. Экспериментально установленная глубина наклепа в зависимости от среды обкатки колебалась в пределах 0,9 ÷ 1,3 мм.

Пластифицирование тонкого поверхностного слоя стали от контакта ее с адсорбционноактивной средой определяли прецизионным измерением

микротвердости, используя алмазную пирамиду Кнуппа и методику предварительного выдерживания образца в среде под нагрузкой (⁸). Величину пластифицирования поверхностного слоя металла (ΔH) определяли как разность между микротвердостью стали на воздухе и после контакта с рабочей средой.

Величины пластифицирования поверхностного слоя закаленной стали 20ХНЗА в различных адсорбционноактивных средах и упрочнения после

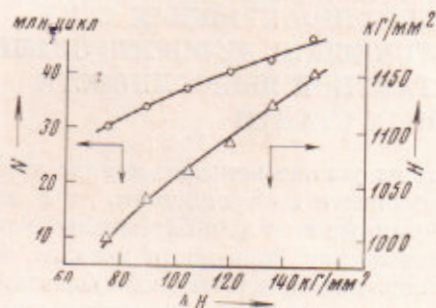


Рис. 1. Влияние пластифицирования (ΔH) поверхностного слоя металла в адсорбционноактивных средах на упрочнение (микротвердость H) при обкатке и контактную выносливость N

обкатки роликами в тех же средах приведены в табл. 1. Из этих данных видно, что а) степень пластифицирования и упрочнения при обкатке в поверхностно-активных смазках зависит от адсорбционных свойств среды и б) существует прямая зависимость между величинами пластифицирования и упрочнения поверхностного слоя при обкатке.

Таблица 1

Изменение величины пластифицирования (ΔH) и упрочнения (микротвердость H) после обкатки поверхностного слоя цементированной и закаленной стали 20ХНЗА в различных средах. (Контактное напряжение при обкатке 700 да/мм²)

Среда	ΔH на глубине 0,5 μ (в кг/мм ²)	H на глубине 2 μ (в кг/мм ²)
Исходная сталь (до обкатки)	—	800
В масле «Индустриальное-50»	75	1000
В том же масле + 2% окисленного петролатума	89	1030
В том же масле + 2% смеси гудронов, соапстока чернотопочного масла и технического жира	105	1070
В том же масле + 2% этерифицированного продукта смеси гудронов	120	1096
В том же масле + 0,1% стеариновой кислоты	136	1128
В воде + 1% спирта ДС-10 «Синтанол»	150	1150

Таблица 2

Контактная выносливость стали 20ХНЗА, обкатанной в различных по адсорбционной активности средах. (Контактное напряжение при испытании 500 да/мм²)

Среда	Число циклов до появления первого питтинга, млн.	Повышение, %
Исходная сталь (до обкатки) †	8,12	100
В масле «Индустриальное-50»	30,46	376
В том же масле + 2% окисленного петролатума	34,72	427
В том же масле + 2% смеси гудронов	37,21	458
В том же масле + 2% этерифицированного продукта смеси гудронов	40,43	498
В том же масле + 0,1% стеариновой кислоты	42,11	518
В воде + 1% спирта ДС-10 «Синтанол»	46,30	570

Испытания контактной выносливости образцов проводили на специальных установках УКВС (⁴), которые позволяют подавать рабочую среду разной адсорбционной активности непосредственно в зону контакта. Результаты испытаний (табл. 2) показали, что контактная выносливость стали 20ХНЗА значительно повышается при обкатке поверхностного слоя и, особенно, при применении в качестве смазки при обкатке рабочей среды, содержащей поверхностно-активные добавки (до 6 раз).

Анализируя результаты, приведенные в табл. 1 и 2, можно установить определенную закономерность: чем сильнее поверхностно-активная среда пластифицирует поверхностный слой металла, тем больше (при тех же нормальных давлениях при обкатке) степень упрочнения и глубина деформации поверхностного слоя и тем выше контактно-усталостная прочность стали (рис. 1).

Простота предлагаемого метода обкатки с применением поверхностно-активных смазок дает основание рекомендовать его для весьма эффективного и экономически целесообразного пути повышения стойкости и работоспособности деталей машин.

Физико-механический институт
Академии наук УССР
Львов

Поступило
30 III 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ И. В. Кудрявцев, Вестник машиностроения, № 1, 3 (1970). ² Д. Д. Папшев, Упрочнение деталей обкаткой шариками, М., 1968. ³ Н. Т. Черненко, М. Я. Белкин, В. Н. Слюсаренко, Вестник машиностроения, № 1, 42 (1970). ⁴ Г. В. Карпенко, К. Б. Кацов, А. Б. Куслицкий, ДАН, 183, № 3, 652 (1968). ⁵ В. И. Лихтман, П. А. Ребиндер, Г. В. Карпенко, Влияние поверхностно-активной среды на деформацию металлов, Изд. АН СССР, 1954. ⁶ С. Я. Вейлер, В. И. Лихтман, Действие смазок при обработке металлов давлением, Изд. АН СССР, 1960. ⁷ И. В. Кудрявцев, Г. Е. Петушков, Вестник машиностроения, № 7 (1969). ⁸ Г. И. Фукс, И. Б. Ганцевич, Колл. журн., 30, № 5 (1968).