

СИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 621.002.621.787.4.855

З.А. Нифтиева

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Для повышения несущей способности деталей машин и конструкций и снижения их металлоемкости широко применяются методы поверхностного пластического деформирования (ППД), позволяющие регулировать свойства поверхностного слоя.

Особенно методы ППД эффективны в тех случаях, когда определяющим несущую способность деталей в процессе эксплуатации является качество поверхностного слоя.

Основными методами финишной обработки деталей ППД являются обкатывание шаром, обкатывание роликом и алмазное выглаживание. Упрочнение и чистота поверхности детали при обкатывании и выглаживании зависят от параметров процесса. Правильно выбранные режимы обеспечивают высокие механические и эксплуатационные свойства и, наоборот неудачный выбор даже одного из параметров, например давления, может вызвать частичное разрушение поверхности и понизить долговечность детали.

Проведенными в нашей республике и за рубежом исследованиями [1-12] показана возможность заметного повышения обкатыванием и алмазным выглаживанием работоспособности деталей, изготовленных из различных марок сталей.

В процессе обкатывания и алмазного выглаживания происходит трансформация микронеровностей: образуются микронеровности с большими радиусами закругления и меньшим углом профиля; их высота снижается в несколько раз, достигая минимального значения. Снижение микронеровностей и изменение их формы значительно увеличивают относительную опорную длину профиля, являющаяся одним из критериев шероховатости поверхности и характеризующаяся контактную жесткость и контактную выносливость. Установлено [13], что шероховатость стальных деталей автомобиля после алмазного выглаживания уменьшается в 4-8 раз. В

результате внедрения алмазного выглаживания на Ижевском машиностроительном заводе достигнуто уменьшение шероховатости деталей мотоцикла в 4 раза [14]. По данным [15-16] шероховатость поверхности двух групп образцов после выглаживания достигла 0,11 и 0,20 мкм при исходной шероховатости соответственно 0,65 и 0,90 мкм.

Остаточные напряжения, образующиеся в поверхностном слое после ППД, оказывают определяющее влияние на их несущую способность.

ППД, в частности, алмазное выглаживание является эффективным средством повышения усталостной прочности, контактной выносливости и коррозионно-усталостной прочности деталей машин.

Проведенный литературный анализ показывает, что алмазное выглаживание и обкатывание шаром перед другими видами ППД имеют некоторые преимущества. Операции просты, не трудоемки, и не требуют специального оборудования, осуществляются, в основном, на обычных универсальных станках. Технологические затраты на операции обкатывания и выглаживания невелики. Это связано с тем, что для их выполнения не требуется дорогостоящего оборудования. На более точном оборудовании можно выглаживать и обкатывать поверхность с большей скоростью и, следовательно, с более высокой производительностью. Поверхность, обработанная выглаживанием, свободно от абразива. Операцию выглаживания часто можно совмещать с предыдущей операцией. В отличие от других видов ППД, например, обкатки шариками и роликами, при выглаживании усилие в несколько раз меньше благодаря малой величине радиуса выглаживающего инструмента и колеблется в пределах от 50 до 300 Н. При этом поверхность контакта инструмента с деталью оказывается незначительной. Это обуславливает создание высоких давлений, необходимых для пластической деформации при небольших нормальных силах.

Таким образом, в результате анализа установлено, что весьма эффективными и перспективными способами повышения усталостной прочности, контактной выносливости, коррозионной стойкости и износостойкости деталей из различных сталей и сплавов являются обкатывание шаром и алмазное выглаживание. Степень изменения

эксплуатационных свойств деталей, обработанных указанными способами, колеблется в довольно широком интервале и во многом зависит от материала, исходного состояния поверхностных слоев, свойств, состава и структуры обрабатываемой детали. Поэтому в каждом конкретном случае для разработки оптимальной технологии деталей ППД необходимо провести сравнительные экспериментальные исследования с целью выбора рационального способа упрочнения.

С целью определения рационального способа поверхностного пластического деформирования были проведены исследования по влиянию обкатывания шаров и алмазного выглаживания на поверхностную твердость. Первая партия образцов из сталей ВСтЗсп, 10Г2С1, 15ХГ2СМФР и 12ГН2МФАЮ после нормализации и улучшения обкатывались шаром диаметром 5мм при скорости обработки 56 м/мин. за один рабочих ход. Вторая партия образцов из этих же сталей выглаживались алмазным наконечником радиусом сферической части $R_{сф}=2\text{мм}$, при $v=56\text{ м/мм}$ за один проход.

Результаты и проведенных экспериментов по влиянию силы обкатывания и выглаживания на твердость поверхности образцов из исследуемых сталей показаны на рис.1.

Как видно, с увеличением силы обкатывания и алмазного выглаживания твердость всех сталей непрерывно повышается. Повышения поверхностной твердости происходит до определенного значения силы, дальнейшее возрастание усилия вызывает некоторое снижение твердости образцов.

При алмазном выглаживании максимальное повышение твердости выше и достигается он при значительно меньших нормальных силах, нежели при обкатывании. При алмазном выглаживании образцов из сталей ВСтЗсп и 10Г2С1 максимальное повышение твердости (420HV) получено при силе 150-160Н, в то время как при обкатывании повышение твердости составило только 350HV и было достигнуто при силе 600Н (см. рис.1).

Аналогичная зависимость обнаружена и для сталей 15ХГ2СМФР и 12ГН2МФАЮ, но для этих сталей максимальная твердость получена при более высоком значении силы. В результате обкатывания шаром твердость стали 15ХГ2СМФР повышается на 950 HV, а стали 12ГН2МФАЮ на 1050HV, тогда как твердость этих

сталей после алмазного выглаживания повышается на 1350HV. Следует отметить, что для получения указанных твердостей необходимо применять силы при обкатывании 800Н, а при выглаживании всего 190-210Н.

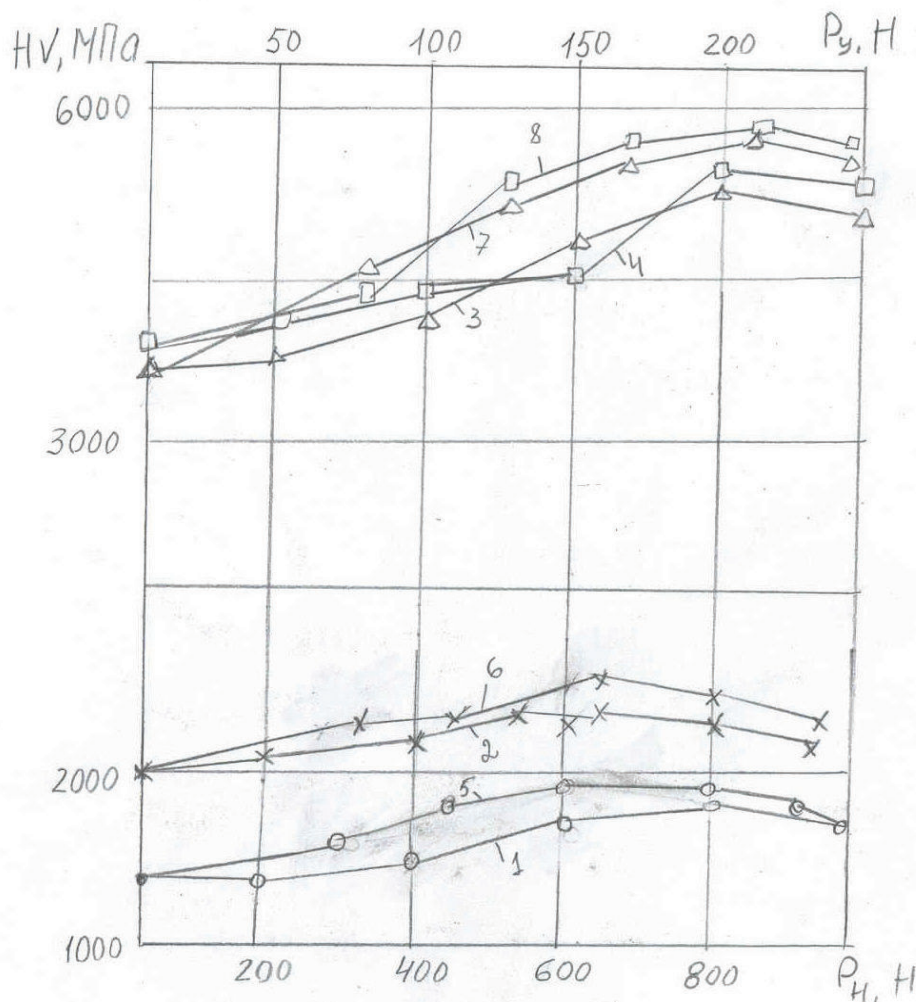


Рисунок 1 - Зависимость поверхностной твердости от нормальной силы: 1-4 обкатывание шаром, 5-8 алмазное выглаживание

Как было указано, вторым основным фактором влияющим на результаты поверхностного упрочнения пластическим деформированием является подача. Влияние подачи на поверхностную твердость при обкатывании шаром и алмазном выглаживании показано на рис.2. Наибольшее упрочнение поверхностного слоя из всех исследованных сталей наблюдается в интервале подач 0,06-0,14 мм/об (при обкатывании) и 0,03-0,09мм/об (при выглаживании).

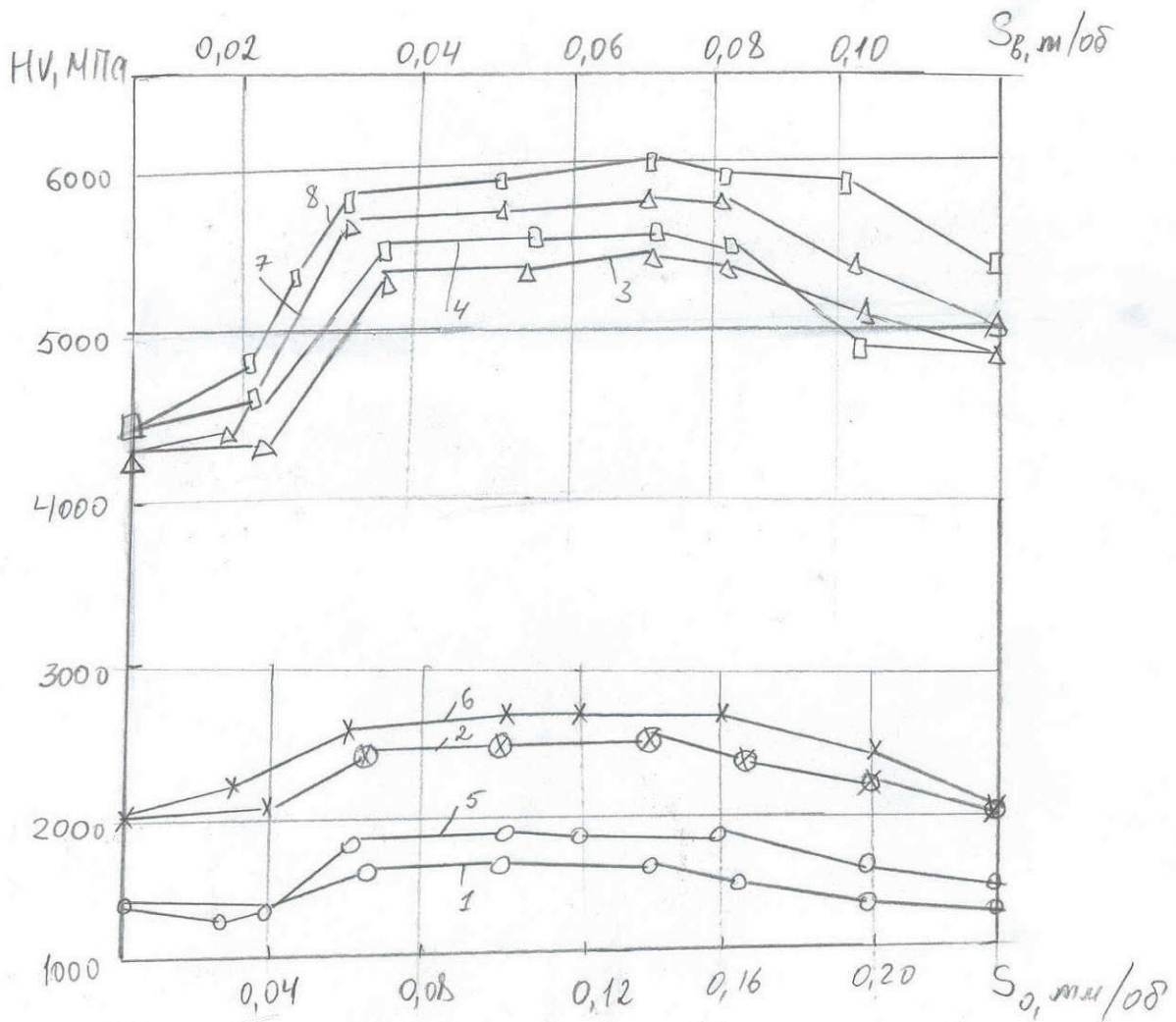


Рисунок 2 - Зависимость поверхностной твердости от подачи: 1-4 обкатывание шаром; 5-8 алмазное выглаживания; 1,5 ВСтЗсп; 2,6- 10Г2С1; 3,7- 15ХГ2СМФР; 4,8-12ГН2МФАЮ

Проведенные экспериментальные исследования показывают, что поверхностная твердость выглаженных образцов для всех исследованных сталей в среднем на 30% выше, чем обкатанных и достигается она при значительно меньших силах

Кроме того, алмазное выглаживание не требует дорогостоящего оборудования, инструмент обладает большой стойкостью.

Таким образом в результате экспериментальных исследований доказано, что наиболее эффективным и простым технологическим процессом, обеспечивающим повышением качества строительных сталей является алмазное выглаживание.

Для большинства конструкций долговечность определяется сопротивлением материала усталостным разрушением (циклической долговечностью).

По результатам испытаний на усталость были построены кривые усталости образцов из исследуемых сталей (рис.3 и 4).

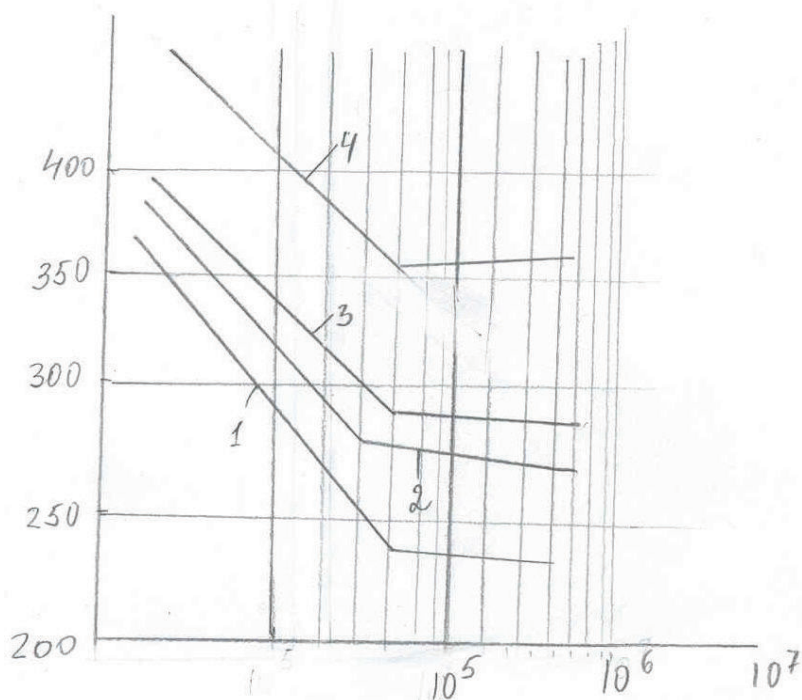


Рисунок 3. Зависимость предела выносливости образцов из сталей ВСтЗсп (1,3) и 10Г2С1; (2,4) от циклов нагружений: 1,2- шлифованные образцы; подачи: 3,4- выглаживанные образцы

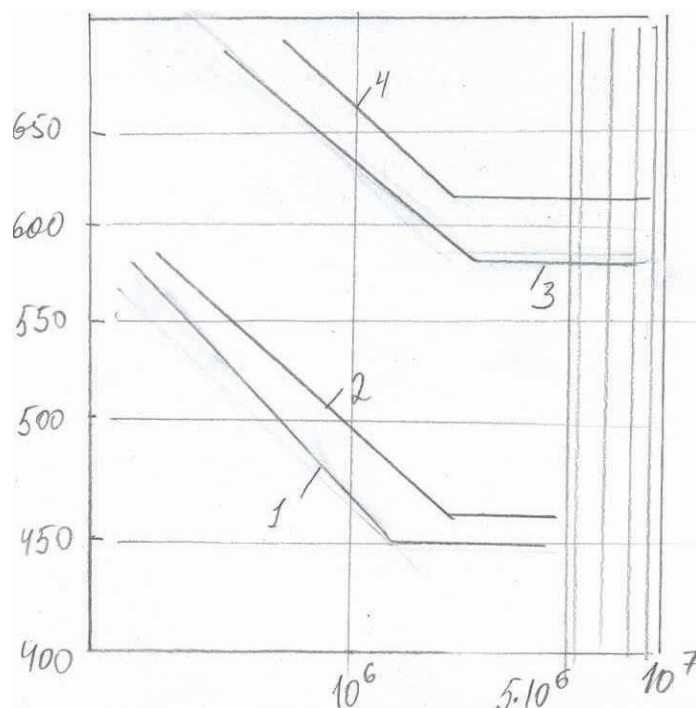


Рисунок 4 - Зависимость предела выносливости образцов из сталей 15ХГ2СМФР (1,3) и 12ГН2МФАЮ; (2,4) от циклов нагружения: 1,2- шлифованные образцы; подачи: 3,4- выглаживанные образцы

Испытания не упрочненных и упрочненных алмазным выглаживанием образцов из сталей ВСтЗсп и 10Г2С1, показывает высокую эффективность алмазного выглаживания. Если предел выносливости не упрочненных (шлифованных) образцов из сталей ВСтЗсп составлял 245 МПа, то после алмазного выглаживания он увеличился до 314 МПа, а предел выносливости стали 10Г2С1 с 300 МПа увеличился до 370 МПа.

Аналогичные результаты были получены для образцов из сталей 15ХГ2СМФР и 12ГН2МФАЮ. Для этих сталей повышение предела выносливости после алмазного выглаживания составляло 140-150 МПа.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что в результате алмазного выглаживания усталостная прочность всех исследованных строительных сталей повышается на 22-33%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Т.И.Асланов Повышение работоспособности приводных роликовых цепей буровых установок за счет алмазного выглаживания валиков. Автореф.канд.диссерт., Москва, 1982.
2. В.В. Дубенко. Обработка деталей алмазным выглаживанием. "Машиностроение", 1974, №4.
3. Е.Н. Hull Diamond burnishing. "Machinery" (N.Y.), v.68, 1962. N5.
4. В.К.Яценко, Е.Я.Кореневский, Л.И.Иващенко Упрочняющая обработка деталей машин алмазным выглаживанием. "Технология и организация производства". Научно-производственный сборник, 1975, №1.
5. А.С.Чабан, Л.Ю.Пружанский, Л.А.Хворостухин Экспериментальное определение истирающей способности поверхностей, обработанных алмазным выглаживанием. "Машиноведение", 1974, №1.
6. Le brunissage au diamante ameliorate les surfaces. "Outils-Outillages", 1969, N430-431.
7. Л.А.Хворостухин, А.И.Паисов, В.Н.Бибаев, Т.М.Трофимова. Алмазное выглаживание деталей из стали Х18Н9Т. "Вестник машиностроения", 1971, №6.
8. Л.А.Хворостухин, А.И.Паисов, В.Н.Бибаев К вопросу об упрочнении при алмазном выглаживании. Известия ВУЗов "Машиностроение", 1970, №11.
9. В.К.Яценко, Г.З. Зайцев и др. Влияние алмазного выглаживания на выносливость при повышенных температурах стали 40ХН2МА. "МИТОМ", 1974, №12.
10. R. Keessen Garru An in-denth look at roller burnishing. "Cutt. Tool Eng"., 27, 1975, N5-6.

11. Л.А.Хворостухин, В.Н.Машков, Н.Н.Ильин, А.Ф.Волков. Выглаживание как метод повышения долговечности деталей машин. В сб. "Технологическое обеспечение точности и надежности детали машин и приборов", М., 1970, №2.
12. Harasumowier Yan. A srersramanyag hatasa a megmunkalt felulat ardessegere aluminium-atvotrefek uregelesekor. "Gepgyartastechnologia", 13 N1, 1973.
13. А.А.Металин, А.А.Ильященко, Влияние направления выглаживания и раскатывания на шероховатость и износостойкость обработанных поверхностей. "Вестник машиностроения", 1975, №3.
14. П.В.Черников, Л.П. Соловов. Алмазное выглаживание автомобильных деталей "Автомобильная промышленность", 1967, №6.
15. В.В.Юшков, В.М.Торбило. Алмазное выглаживание. "Машиностроение", 1970, №6.
16. Л.А.Хворостухин, А.Ф.Волков, В.Н.Бибаев, Т.М.Трофимова. Алмазное выглаживание нержавеющей сталей. "Известия ВУЗов "Машиностроение", 1967, №11.
17. В.К. Яценко, Е.Я.Кореневский, Д.М. Петергея. Влияние алмазного выглаживания на свойства стали 1Х12Н2ВМФ. "МИТОМ", 1974, №12.

Получено 15.04.2006 г.