

## УЛЬТРАЗВУКОВАЯ ОБРАБОТКА

Есдаулетова Г.Е.

*Нарық қатынасының халық шаруашылығы аумалылығындағы маңызды бағыттардың бірі болып шикізат, отын-энергетикалық және басқа да бұйымдық қорларды кеңінен және тиімді пайдалану табылады. Осы бағыттағы жұмыстың күші халық шаруашылығының барлық жетектерінде өндіріс тиімділігін арттырудың ірі ошағы және экономикалық стратегияның ажырамас бөлігі ретінде қарастырылады.*

*One out of most coarse reserves economy and parsimony is projection recovery the threadbare details. The threadbare details machine are secured economic high quality materials, fuels, energetic and labour resorts.*

Одним из важнейших направлений в переходе народного хозяйства на рыночные отношения является повсеместное, рациональное использование сырьевых, топливно-энергетических и других материальных ресурсов. Усиление работы в этом направлении рассматривается как неотъемлемая часть экономической стратегии, крупнейший рычаг повышения эффективности производства во всех звеньях народного хозяйства.

Одним из самых крупных резервов экономии и бережливости выступает восстановление изношенных деталей. Восстановление изношенных деталей машин обеспечивает экономию высококачественного материала, топлива, энергетических и трудовых ресурсов.

Для восстановления трудоспособности изношенных деталей требуется в 5-8 раз меньше технологических операций по сравнению с изготовлением новых деталей. По данным ГОСНИТИ 85% деталей восстанавливают при износе не более 0,3 мм., т.е. их работоспособность восстанавливается при нанесении покрытия незначительной толщины.

Однако ресурс восстановленных деталей по сравнению с новыми, во многих случаях, остается низким. В тоже время имеются такие примеры, когда ресурс восстановленных прогрессивными способами, в несколько раз выше ресурса новых деталей.

Основа повышения качества – применение передовых технологий восстановления деталей.

При восстановлении коленчатых валов возникает необходимость изыскания новых, более прогрессивных способов восстановления, которые смогли бы повысить ресурс деталей при сравнительно низких затратах.

К валам в процессе работы предъявляются высокие требования по глубине упрочненного слоя (до 10 мм и выше). Желательно, чтобы переход от упрочненной области к не упрочненной был плавным и не являлся дополнительным концентратором напряжений, во избежание отслоения упрочненной поверхности при воздействии на деталь циклических нагрузок.

Таким образом, для валов в соответствии с требованиями, предъявляемыми к их рабочей поверхности необходимо подобрать наиболее эффективный метод упрочняющей обработки.

Для обоснованного выбора способа поверхностного упрочнения необходимо сравнить данные технологических возможностей известных способов упрочнения, в частности по микротвердости и напряженному состоянию упрочненного слоя. Известны следующие основные виды упрочняющей обработки:

- термоупрочняющая обработка (ТО);
- химико-термическая обработка (ХТО);
- нанесение упрочняющих покрытий;
- поверхностное пластическое деформирование (ППД)

Для повышения долговечности и несущей способности транспортных деталей широко используются методы упрочнения поверхностным пластическим деформированием (ППД).

Упрочнение выполняется с целью повышения сопротивления усталости и твердости поверхностного слоя металла и формирования в поверхностном слое напряжений сжатия, а также регламентированного микрорельефа.

Упрочняющую обработку поверхностным пластическим деформированием применяют на финишных операциях технологического процесса, вместо или после термообработки, и часто вместо абразивной или отделочной обработки.

Поверхностное пластическое деформирование, выполняемое без использования внешнего тепла и обеспечивающее создание поверхностного слоя с заданным комплексом свойств называют *наклепом*. В результате наклепа повышаются все характеристики сопротивления металла деформации, понижается пластичность и увеличивается твердость.

Упрочнение металла в незакаленной стали происходит за счет структурных изменений и изменений структурных несовершенств (плотности, качества и взаимодействия дислокаций, количества вакансий и др.), дроблением блоков и наведением микронапряжений. При упрочнении закаленных сталей, кроме этого, происходит частичное превращение остаточного аустенита в мартенсит и выделение дисперсных карбидных частиц.

Поверхностная деформация приводит к образованию сдвигов в зернах, упругому искажению кристаллической решетки, изменению формы и размеров зерен. Интенсивность наклепа (упрочнения) тем выше, чем мягче сталь. На незакаленных сталях увеличение твердости составляет более 100 %, на закаленных 10-20%, при глубине упрочненного слоя до 12 и более мм.

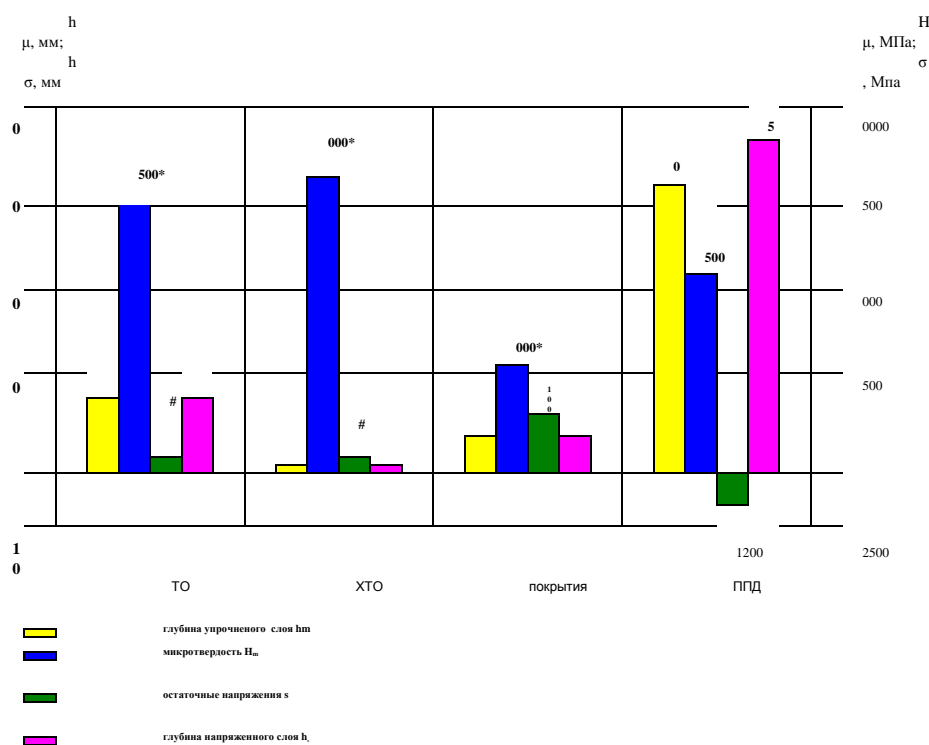


Рис. 1 СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕТОДОВ УПРОЧНЕНИЯ.

Существуют такие способы поверхностно-пластической деформации, как обкаткой шариком, вибрирующим роликом, чугушной дробью, вращающимся роликом, тремя роликами, алмазное выглаживание, ультразвуковое упрочнение.

При обкаткой шаром параметр шероховатости наиболее интенсивно уменьшается при удельных нагрузках 1000-1400 МПа, прямопропорционален радиусу шара. Большое влияние на шероховатость оказывает исходный параметр поверхности, при обкатывании она повышается для всех металлов, и чем выше прочность обкатываемого материала, тем больше оптимальное давление обкатывания.

Твердость значительно повышается на глубину до 2 мм однако на глубине 1,0-1,5 мм повышение твердости становится незначительным. Наибольшее увеличение твердости происходит у материалов со структурой мартенсита, не подвергшихся отпуску. При этом поверхностная твердость, например стали У8, ШХ15, 40Х увеличивается до 15% (ШХ15), до 25% (У8) по отношению к исходным.

Обкатывание роликовых дорожек подшипника (HRC 35) с силой 750 Н шаром диаметром 4,5 мм при подаче 0,1 мм/об снижает параметр шероховатости в 5-8 раз, повышает микротвердость до 25% при глубине наклепанного слоя 8 мм.

Для обкатывания используют ролики различной конфигурации, который обычно устанавливают под некоторым углом к оси обрабатываемой детали.

У поверхности роликов должна быть твердость HRC 62...52, поэтому их изготавливают преимущественно из сталей ШХ15 и ШХ15СГ (ГОСТ 801-87). У накатывающих и заходных поверхностей роликов Ra 0,1 мкм.

Стержневые ролики рекомендуется применять в много роликовом накатном инструменте сепаратного типа. Кольцевые ролики рекомендуется применять преимущественно в головках одно-, двух- и трёхроликовых приспособлений.

Отпечаток ролика во время обкатывания превращается в пластически деформированную канавку, которая при обработке цилиндрических поверхностей с подачей представляет собой винтовую линию.

Наилучшее качество поверхности достигается при обработке с радиальной передачей, однако на практике детали обрабатывают с осевой подачей. С уменьшением подачи шероховатость поверхности уменьшается до определённого предела, затем начинает возрастать. Оптимальное  $S = 0,25$ .

Выглаживание является одним из методов отделочно-упрочняющей обработки поверхности пластическим деформированием и заключается в пластическом деформировании обрабатываемой поверхности скользящим по ней инструментом – выглаживателем, закрепленным в оправке алмазным кристаллом, который обладает следующими свойствами:

- высокой твердостью;
- низкий коэффициент трения;
- высокая степень чистоты;
- высокой теплопроводностью.

В результате пластического деформирования обрабатываемой поверхности происходит сглаживание исходных неровностей и образование нового микрорельефа поверхности со значительно меньшей высотой неровностей  $R_{ZB}$ . Размер детали уменьшается на величину остаточной деформации ( $\Delta_{ПВ}$ ). На величину и форму образующихся неровностей влияет также неоднородность шероховатости поверхности и твердости обрабатываемой поверхности, колебания силы выглаживания, вызванные биением детали и др.. это вызывает отклонение реального микрорельефа от полученного.

При обработке дробью шероховатость обрабатываемой поверхности повышается незначительно, а в некоторых методах и режимах обработки возможно и уменьшение шероховатости.

При дробеструйном упрочнении шлифованных поверхностей цементированных и закалённых деталей параметр шероховатости повышается в среднем на 1-2 мкм. При упрочнении деталей из улучшенной стали из титановых и алюминиевых сплавов параметр шероховатости повышается на 2,5-5 мкм,. Во многих случаях происходит активный перенос частиц дроби на поверхность деталей, что снижает их коррозионную стойкость, режим упрочнения характеризуется значительной нестабильностью. Кроме того, установки ДУ имеют ряд эксплуатационных недостатков, связанных с быстрым изнашиванием сопел и др.. Основные преимущества ГДУ по сравнению с дробеструйным следующие:

- остаточные напряжения только сжимающие, максимальные значения на некоторой глубине, сравнительно низкий параметр шероховатости ( $R_a$  1,25-0,16мкм) сохраняется, высокий ( $R_a$  1,25-1,2 мкм) может снижаться до 12,5-1,2 мкм:

- микрогеометрия улучшается,

- исключён перенос на обрабатываемую поверхность материала рабочих тел в связи со снижением температуры в зоне контакта.

Однако установки ГДУ сложнее, дороже и требуют более высоких затрат при эксплуатации.

Наибольшее отличие в изменении свойств проявляется при ДМУ (дробелитное упрочнение). Высокая интенсивность пластической деформации обеспечивает при ДМУ более высокую степень и глубину упрочнения. Максимальная микротвёрдость наблюдается при времени наклёпа равным 4 минутам

Наибольшего повышения прочности металлов можно достичь при замене статического способа деформирования импульсным.

Если при упрочнении статическими методами ППД инструменту сообщают дополнительно ультразвуковое колебание с частотой 18-24 кГц и амплитудой 15-30 мкм, то они становятся ударными методами (ультразвуковое обкатывание и т.п.)

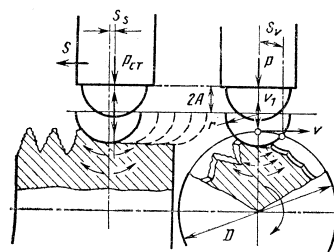


Рис.2. Схема ультразвукового упрочнения (УЗУ).

$P$  - динамическая сила;  $P_{от}$  - статическая сила;  $A$  - амплитуда рабочей части инструмента;  $r$  - радиус сферы рабочей части инструмента;  $S$  - продольная подача;

$S_v$  - относительная подача за один период колебаний инструмента;  $S_s$  - продольная подача за один период колебаний;  $v$  - окружная скорость заготовки;  $v_t$  - колебательная скорость рабочей части инструмента;  $d$  - диаметр обрабатываемой детали.

Изменение характера воздействия деформирующего инструмента на поверхностный слой деталей от статического к вибрационному позволяет улучшить качество этого слоя и значительно увеличить долговечность деталей.

Ультразвуковой инструмент под действием сил - статической и значительно большей динамической, создаваемой колебательной системой (ультразвуковым генератором, магнитострикционным преобразователем и концентратором) - пластически деформирует поверхностный слой детали, предварительно обработанной резанием, и тем самым упрочняет его, одновременно сглаживая неровности поверхности. Статическая сила создается действием груза, перемещающегося по направляющим, или другим способом.

Применение УЗУ особенно эффективно в следующих случаях:

1-для деталей термически и химико-термически обработанных сталей У10А, У12, Х40, ШХ 15, сталей аустенитной структуры 12Х18Н9Т и др., где применение других методов не позволяет получить значительный упрочняющий эффект;

2-для деталей и инструментов из твердых сплавов;

З-для деталей малой и неравномерной жёсткости, так же УЗУ характеризуется небольшой статической силой и временем деформирования.

К параметрам режима УЗУ относятся: статическая сила  $P_{ст}$ , амплитуда  $A$  колебаний инструмента, радиус его округления  $\Gamma$ , частота колебаний  $f$ , эффективная масса инструмента  $M$ , продольная подача  $S$ , число рабочих ходов  $i$ , скорость обработки детали  $V$ .

Основные параметры упрочнения лежат в следующих пределах: частота ультразвуковых колебаний  $f = 2 \times 10^4$  амплитуда  $2A = 10...20$  мкм, статическая сила  $P_{ст} = 30...300$ Н, время контактирования инструмента с деталью  $\tau = 3 \times 10^{-5}$  с, отношение тангенциальной силы к нормальной  $P_m/P_N = 0,7$ , скорость колебательного движения инструмента

$$V_1 = 2Pf > 400 \quad [2]$$

Примером эффективного применения УЗУ может служить упрочнение предварительно шлифованных рабочих поверхностей эвольвентного зуба зубчатых колёс из стали 45 ( $m = 1,5$  мм;  $Z = 30$ ). В результате УЗУ с оптимальным режимом ( $P_{ст} = 50$ Н,  $2A = 20$  мкм,  $S = 0,1$  мм/об,  $i = 1$ )  $R_a$  уменьшился с  $0,4$  мкм до  $0,1$  мкм, т.е. в 4 раза.

Микротвёрдость поверхностного слоя повысилась с НВ208 до НВ357 (на 71 %) и соответственно, повысился предел контактной выносливости на 10-20 % .

Проведённые сравнительные исследования качества поверхностного слоя наплавленных деталей (коленчатые валы двигателя) после шлифования без ультразвука и выглаживания с УЗУ на рациональных режимах показали, что наибольший эффект получен на деталях после УЗУ. При этом твёрдость увеличилась до 30 % , толщина упрочнения составляет 0,6-0,8 мм, микротвёрдость увеличилась до 50 % , шероховатость уменьшилась с 1,63 до 0,2 мкм и образуется особый микрорегулярный ячеистый рельеф на поверхности . [3]

Важным преимуществом УЗУ является также образование в поверхностном слое наплавленных деталей остаточных напряжений сжатия значительной силы (осевых  $S_z = 150...160$  Па 107, тангенциальных  $P_m = 120...130$  Па 107). Уменьшение разброса твёрдости на поверхности наплавленного металла свидетельствует об образовании более однородной структуры. [1]

Рациональным по качественным и эксплуатационным показателям наплавленных деталей является такой режим, при котором двойная амплитуда УЗК равняется  $2A = 30...50$  мкм, статическое усилие прижима инструмента и детали  $P_{ст} = 400...600$  Н, скорость вращения детали  $V_g = 0,33.. 0,99$  м/с и продольная подача инструмента  $S_{пр} = 0,120,15$  м/об.(3)

### Литература:

- 1.Воловик Е. Л., Справочник по восстановлению деталей-М .1991г.
- 2.Молодык К.В., Зенкин А.С.Восстановление деталей машин. - М.1993г.
- 3.Ковалевский Е.А., Разработка технологии УЗУ наплавленных деталей. - М.1996г.