

**А. А. Дудников,
А. И. Беловод,
А. А. Келемеш**

ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ОБРАБОТКЕ ПОВЕРХНОСТИ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

В статье рассматриваются вопросы повышения надежности и долговечности деталей машин за счет повышения качества их поверхностного слоя при различных способах обработки.

Ключевые слова: *пластическое деформирование, упрочняющая обработка, вибрационное деформирование.*

1. Введение

В технологических процессах изготовления деталей и их восстановления все большее внимание уделяется операциям поверхностного упрочнения, обеспечивающие необходимые параметры качества поверхностного слоя.

В ряде случаев для повышения эксплуатационных свойств деталей машин необходимо создание поверхностного слоя с упрочненной структурой.

Имеющие способы упрочняющей обработки не всегда позволяют осуществлять перечисленным требованиям. Поэтому необходимо проведение исследований расширяющих технологические возможности способов упрочнения.

2. Постановка проблемы

Потеря работоспособности деталей машин в процессе их эксплуатации связана, как правило, с разрушением их поверхностного слоя. В этой связи остро стоит проблема обеспечения долговечности деталей и надежности машин, повышения их износостойкости за счет применения упрочняющих обработок, как при изготовлении, так и восстановлении.

3. Анализ основных исследований и публикаций по данной проблеме

К способам упрочняющей обработки относятся способы поверхностного пластического деформирования (ППД) [1, 2], позволяющие формировать упрочненный поверхностный слой с показателями качества, изменяющимися в широком диапазоне: глубина упрочнения 0,1...15 мм, повышение твердости упрочненного слоя до 20...150 %, величина сжимающих напряжений на уровне 200...1400 МПа [3].

Однако, создание поверхностного слоя с требуемым равномерным упрочнением, а также формирование способами ППД остаточных напряжений до

сих пор остается не до конца реализованным. Это, в свою очередь, зачастую является препятствием для их эффективного применения для целого ряда деталей машин.

Создание такого поверхностного слоя связано с определенным количеством используемых параметров обработки, обеспечивающих необходимые показатели качества поверхностного слоя. Одними из основных параметров при ППД являются параметры, которые характеризуют статическую и динамическую силу деформирования.

Энергетически более выгодно применение для обработки поверхности деталей динамической нагрузки, чем статической, поскольку аналогичное по эффективности динамическое силовое воздействие может быть получено с меньшими энергетическими затратами. При обработке ППД наиболее перспективным является возможность создания остаточных напряжений и упрочненной структуры в поверхностном слое с большей глубиной за счет применения метода вибрационного деформирования, использующего для нагружения энергию удара определенной амплитуды и частоты обрабатываемого рабочего органа.

Одной из проблем эффективного применения динамических способов ППД является довольно низкая точность при регулировании показателей качества поверхностного слоя, поскольку при одинаковой кинетической энергии удара, энергия, расходуемая на пластическую деформацию, может иметь разное значение. Это происходит из-за того, что с увеличением скорости нагружения уменьшается время протекания пластической деформации. Поэтому ее величина будет зависеть как от силы удара, связанной с амплитудой, так и от его длительности. Ввиду этого удар следует рассматривать в виде волн, которые характеризуются законом изменения деформаций или сил по времени, амплитудой колебаний, временем действия сил и энергией волны. Пятно контакта обрабатываемого инструмента с обрабатываемой

поверхностью будет определять эффективность динамического нагружения [4].

Управление волнами деформации энергией ударного импульса, используемого для обработки ППД, позволит значительно повысить КПД технологического процесса и увеличить точность регулирования показателями качества на значительной глубине упрочненного поверхностного слоя. Возможность регулирования равномерности упрочненного поверхностного слоя, позволит получать упрочненную структуру с заданным характером чередования твердых и мягких ее составляющих.

При обеспечении качества поверхностного слоя важную роль играют способы упрочнения поверхностным пластическим деформированием. Обработка ППД является одним из наиболее эффективных способов повышения эксплуатационных свойств для тяжело нагруженных деталей (поршневые пальцы, втулки верхних головок шатунов, диски копачей свеклоуборочных машин, диски сошников зерновых сеялок, плужные лемехи и др.). Технология ППД с использованием механических колебаний характеризуется меньшей энергоемкостью, позволяет экономить дорогостоящие металлы, отличается достаточно высокой точностью, стабильностью размеров и свойств.

В последнее время развивается ряд перспективных направлений по созданию упрочненного поверхностного слоя обеспечивающего более высокие требования условий эксплуатации. Применение более мелкой и равномерной структуры, получаемой при вибрационной обработке, способствует торможению более пластичным металлом хрупкой трещины, зародившейся в твердой структурной составляющей [5]. При абразивном изнашивании выступающие единичные элементы повышенной твердости затрудняют контакт абразивных частиц с материалом основы и позволяют до 15 раз увеличить износостойкость [6].

4. Результаты исследований

Глубина и степень упрочнения поверхностным пластическим деформированием обычно характеризуется изменением твердости и остаточных напряжений по глубине поверхностного слоя. При этом создаются остаточные напряжения, которые являются результатом пластической деформации.

Степень упрочнения в результате ППД определяется измерением твердости HV или микротвердости H_{μ} по глубине h следующей зависимостью:

$$\Delta H_{\mu} = \frac{H_{\mu} - H_{\mu 0}}{H_{\mu 0}} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где H_{μ} — микротвердость металла после упрочнения; $H_{\mu 0}$ — исходная микротвердость металла.

Определяющим показателем качества поверхностного слоя при обработке ППД является твердость, которая может изменяться по глубине и на некотором расстоянии от поверхности плавно переходить к исходной твердости ненаклепанного металла.

Следует отметить, что характер изменения твердости поверхностного слоя после ППД зависит от режимов обработки и свойств обрабатываемого металла, которые характеризуются химическим составом и структурным состоянием. Наибольшая степень упрочнения достигается при обработке углеродистых сталей; легированные стали менее склонны к упрочнению (рис. 1).

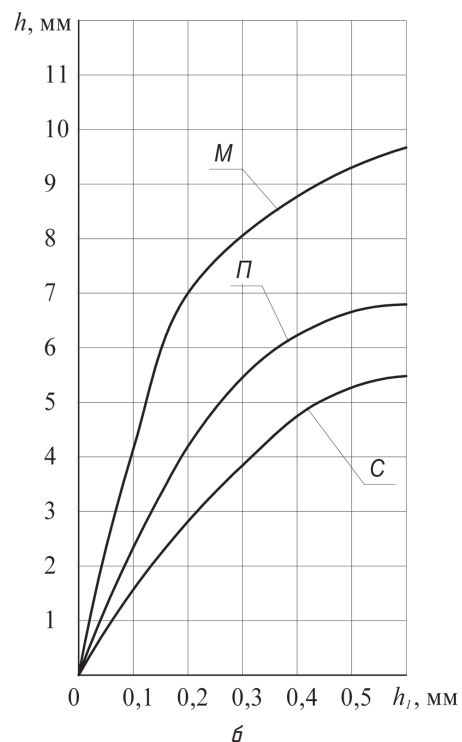
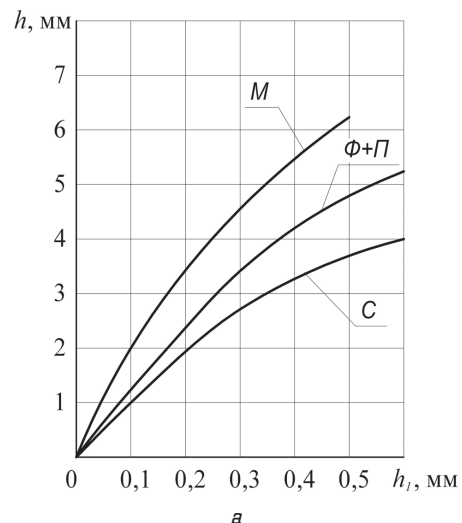


Рис. 1. Зависимость глубины наклепанной зоны h от глубины отпечатка: а — сталь 45; б — сталь 12ХН3А; М — мартенсит; Ф — феррит; П — перлит; С — сорбит

При реализации динамических способов ППД осуществляется ударное деформированное воздействие на обрабатываемую поверхность в условиях прерывистого контакта.

Проведенными исследованиями установлено, что на поверхности восстановленных поршневых пальцев двигателей СМД-64 и Д-240 возникают сжимающие остаточные напряжения, составляющие: при обычной раздате отожженных пальцев 115–125 МПа; при обычной раздате закаленных пальцев 400–450 МПа; при вибрационном деформировании 170–1790 МПа. На глубине 190–2000 мкм они переходят в растягивающие, соответственно равные 70–85, 250–270 и 90–120 МПа. На глубине 2,0–2,2 мм напряжения переходят в сжимающие, равные соответственно 55–65, 180–210 и 70–80 МПа и уменьшающие до нуля на внутренней поверхности пальцев.

Для выяснения степени влияния высоты калибрующей части рабочего инструмента на качество обрабатываемой поверхности образцов-деталей последний изготавливались из закаленной стали 45 с припуском на обработку $\Pi = 0,7$ мм и углом уклона обрабатывающего инструмента (Пуансона) равным $10^\circ 30'$.

Полученные экспериментальные данные изменения шероховатости поверхности деформируемых образцов при обычном и вибрационном деформировании представлены в табл. 1.

Таблица 1

Изменение параметра Rz обрабатываемой поверхности

Высота калибрующей части h , мм	Значение параметра Rz , мкм	
	Вибрационное деформирование	Обычное деформирование
2	8,0	14,9
3	6,0	13,4
4	2,8	9,0
5	3,0	9,3
6	5,8	13,2
7	6,2	26,4
8	8,5	29,2

Из приведенных данных видно, что минимальное значение шероховатости при обычном и вибрационном деформировании характерно для высоты калибрующей части пуансона 4–5 мм.

Проведенными исследованиями установлено влияние амплитуды A и длительности времени обработки на глубину и степень упрочнения.

Установлены математические зависимости (модели), связывающие степень деформации ε , степень $H_{\mu}/H_{\mu 0}$ и глубину h_{μ} упрочнения с кинетической энергией удара \mathcal{E}_k , исходной микротвердостью материала $H_{\mu 0}$, приведенным радиусом инструмента

и детали $R_{\text{пр}}$, пластической твердостью обрабатываемой детали HD , амплитудой A и временем обработки t :

$$\varepsilon = 0,422 + 0,0066\mathcal{E}_k + 0,185 \cdot \lg \mathcal{E}_k + 2,66 \cdot \lg \left(\frac{HD}{1000} \right) - 0,495 \frac{HD}{1000} + 0,008 \cdot \lg A. \quad (2)$$

$$\frac{H_{\mu}}{H_{\mu 0}} = \frac{H_{\mu 0}}{1000} (0,867 - 0,208) + 0,001\mathcal{E}_k^2 + R_{\text{пр}} (0,341 - 0,017 - 0,004 R_{\text{пр}}). \quad (3)$$

$$h_{\mu} = \frac{H_{\mu 0}}{1000} (0,857 R_{\text{пр}} - 5,027) - 0,097 R_{\text{пр}} + (0,125 + 0,001\mathcal{E}_k - 0,001t). \quad (4)$$

5. Выводы

Анализ полученных уравнений позволяет сделать вывод, что для каждого материала существует рациональная длительность импульса, при которой достигается максимальная степень и глубина упрочнения. Материалы низкой твердости целесообразно упрочнять с небольшой длительностью импульса и большей амплитудой. С увеличением исходной твердости обрабатываемого материала растут требования к длительности ударного импульса.

Литература

1. Бабичев А. П. Основы вибрационной технологии [Текст] / А. П. Бабичев, И. А. Бабичев. — Ростов н/Д : Издательский центр ДГТУ, 2008. — 694 с.
2. Бабей Ю. И. Физические основы импульсного упрочнения стали и чугуна [Текст] / Ю. И. Бабей. — К. : Наукова думка, 1987. — 238 с.
3. Смелянский В. М. Механика упрочнения деталей поверхностным деформированием [Текст] / В. М. Смелянский. — М. : Машиностроение, 2002. — 300 с.
4. Еремьянц В. Э. Влияние формы ударного импульса на процесс взаимодействия инструмента с обрабатываемой средой [Текст] / В. Э. Еремьянц. — Фрунзе : Нлим, 1981. — 70 с.
5. Иванов Г. П. Повышение износостойкости деталей созданием регулярной гетерогенной макроструктуры [Текст] / Г. П. Иванов // Строительные и дорожные машины. — 1997. — № 1. — С. 33–34.
6. Смелянский В. М. Повышение эксплуатационных свойств деталей методом электроэрозионного синтеза покрытий [Текст] / В. М. Смелянский, В. А. Земсков, В. В. Филиппов // Справоч-

ник. Инженерный журнал. — 2004. — № 10. — С. 24–31.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВОГО ШАРУ ДЕТАЛЕЙ ПРИ ОБРОБЦІ ПОВЕРХНІ ПЛАСТИЧНИМ ДЕФОРМУВАННЯМ

А. А. Дудніков, А. І. Біловод, А. А. Келемеш

У статті розглядаються питання підвищення надійності та довговічності деталей машин за рахунок підвищення якості їх поверхневого шару при різних способах обробки.

Ключові слова: пластичне деформування, зміцнююча обробка, вібраційне деформування.

Анатолій Андрійович Дудніков, кандидат технічних наук, професор, завідувач кафедрою ремонту машин і технологій конструкційних матеріалів, Полтавська державна аграрна академія.

Олександра Іванівна Біловод, кандидат технічних наук, доцент кафедри загально-технічних дисциплін, Полтавська державна аграрна академія.

Антон Олександрович Келемеш, асистент, кафедра ремонту машин і технологій конструкційних матеріалів, Полтавська державна аграрна академія

ENSURING THE QUALITY OF THE SURFACE LAYER OF PARTS IN THE PROCESSING OF SURFACE PLASTIC DEFORMATION

A. Dudnikov, A. Belovod, A. Kelemesh

The article examines the reliability and durability of machine parts by improving the quality of the surface layer with different methods of treatment.

Keywords: plastic deformation, the hardening process, the deformation vibration.

Anatoly Dudnikov, the head is Ph. D., Professor, Poltava state agrarian academy.

Alexandra Belovod, the head is Ph. D., Professor Assistant, Poltava state agrarian academy.

Anton Kelemesh, assistant, Poltava state agrarian academy

Адрес для переписки:

36003, г. Полтава, ул. Сковороды, 1/3
Полтавская государственная аграрная академия

Тел. (факс): (05322) 2-29-81

E-mail: mech@pdaa.com.ua

УДК 621.74

М. Г. Курьин*

СИНТЕЗ САМОТВЕРДЕЮЩИХ СМЕСЕЙ С ЗАДАНЫМ КОМПЛЕКСОМ СВОЙСТВ И ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ИХ ИЗГОТОВЛЕНИЯ

В статье описаны результаты оптимизации состава самотвердеющих смесей с жидким стеклом и пропиленкарбонатом по критериям живучести и осыпаемости. Предложен оптимальный состав этих компонентов смеси и рассчитаны технологические режимы процесса омагничивания жидкого стекла для изготовления смеси оптимального состава.

Ключевые слова: холоднотвердеющая смесь, жидкое стекло, оптимизация, состав смеси.

1. Введение

Современная тенденция применения в литейном производстве холоднотвердеющих формовочных смесей (ХТС) предполагает решение ряда задач, связанных с поиском оптимальных рецептур ХТС и технологических режимов их приготовления. Одним из решений может быть выбор в качестве отвердителя пропиленкарбоната, а в качестве связующего — жидкого стекла. Обоснованием к выбору такого варианта компонентов в рецептуре

смеси могут быть результаты экспериментальных исследований, выполненных на кафедре литейного производства Харьковского политехнического института доцентом Коваленко Б. П. В частности, в рамках этих исследований было показано, что при взаимодействии пропиленкарбоната с жидким стеклом протекает гидролиз сложного эфира в щелочной среде с образованием пропиленгликоля (спирта) и угольной кислоты. Последняя, реагируя с жидким стеклом, вызывает образование кремниевой кислоты и бикарбоната

* Работа выполнена под руководством профессора кафедры литейного производства Национального технического университета «Харьковский политехнический институт» Дёмина Д. А.