

УДК 621.9.011

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ АЛМАЗНОМ ВЫГЛАЖИВАНИИ ДЕТАЛЕЙ ИЗ ВЫСОКОПРОЧНОГО ЧУГУНА

Н.А. Лалазарова, доцент, к.т.н., ХНАДУ, Л.И. Путятина, доцент, к.т.н.,
Л.А. Тимофеева, профессор, д.т.н., И.И. Федченко, доцент, к.т.н.,
Украинская государственная академия железнодорожного транспорта, г. Харьков

Аннотация. По результатам проведения многофакторного эксперимента определено влияние свойств чугуна и технологических параметров на шероховатость поверхности при алмазном выглаживании высокопрочного чугуна.

Ключевые слова: алмазное выглаживание, высокопрочный чугун, индентор, шероховатость поверхности.

УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ ПОВЕРХНІ ПРИ АЛМАЗНОМУ ВИГЛАДЖУВАННІ ДЕТАЛЕЙ З ВИСОКОМІЦНОГО ЧАВУНУ

Н.А. Лалазарова, доцент, к.т.н., ХНАДУ, Л.І. Путятіна, доцент, к.т.н.,
Л.А. Тимофєєва, професор, д.т.н., І.І. Федченко, доцент, к.т.н.,
Українська державна академія залізничного транспорту, м. Харків

Анотація. За результатами проведення багатofакторного експерименту визначено вплив властивостей чавуну та технологічних параметрів на шорсткість поверхні при алмазному вигладжуванні високоміцного чавуну.

Ключові слова: алмазне вигладжування, високоміцний чавун, індентор, шорсткість поверхні.

QUALITY MANAGEMENT OF SURFACE BY DIAMOND BURNISHING OF HIGH-STRENGTH CAST IRON PARTS

N. Lalazarova, Associate, Professor, Candidate of Technical Science, KhNAHU,
L. Putyatina, Associate, Professor, Candidate of Technical Science, L. Timofeieva,
Professor, Doctor of Technical Science, I. Fedchenko, Associate Professor, Candidate of
Technical Science, Ukrainian State Academy of Railroad Transport, Kharkiv

Abstract. As a result of multifactorial experiment the effect of the cast iron properties and operating conditions on the roughness surface by diamond burnishing of high-strength cast iron has been established.

Key words: diamond burnishing, high-strength cast iron, indenter, roughness surface.

Введение

Алмазное выглаживание широко используется для повышения эксплуатационных свойств деталей машин и приборов. Оно осуществляется скользящим по поверхности детали инструментом с рабочей частью в виде выпуклой криволинейной поверхности.

В результате сминания микронеровностей снижается шероховатость поверхности, упрочняется поверхностный слой металла и создаются сжимающие остаточные напряжения, которые благоприятно влияют на эксплуатационные свойства деталей машин. По сравнению с другими видами ППД алмазное выглаживание обладает существен-

ными преимуществами, обусловленными физико-механическими свойствами алмаза. Этот процесс отличает высокая производительность и стойкость инструмента – выглаживателя [1].

В настоящее время во всем мире использование высокопрочного чугуна в машиностроении непрерывно повышается. По мере увеличения нагрузок на детали в машинах и узлах требуется создание эффективных методов окончательной механической обработки и поверхностного упрочнения, с целью обеспечения необходимых эксплуатационных свойств поверхностного слоя чугунных деталей (износостойкость, контактная жесткость, усталостная прочность и т.д.). Поэтому научный и практический интерес представляет исследование эффективности применения методов ППД (в т.ч. алмазного выглаживания) при обработке деталей из высокопрочного чугуна.

Анализ публикаций

Вследствие типичной для всех чугунов неоднородности структуры, наличия свободного графита в порах металлической основы алмазное выглаживание чугуна обладает целым рядом особенностей. Так, контактирование индентора с обрабатываемой поверхностью сопровождается переменными режимами скольжения при деформировании различных по твердости участков графита и металла основы, хотя в целом характеры зависимостей таких показателей качества поверхностного слоя как шероховатость и микротвердость от основных технологических параметров аналогичны как для выглаживания чугунов, так и для обработки среднеуглеродистых сталей [1–3].

Цель и постановка задачи

Цель работы – исследование влияния структуры и свойств чугуна, а также технологических параметров обработки на качество поверхностного слоя в процессе алмазного выглаживания высокопрочного чугуна.

Исследование закономерностей формирования поверхностного слоя при алмазном выглаживании высокопрочного чугуна

Для исследования влияния различных факторов на шероховатость поверхности в процес-

се алмазного выглаживания высокопрочного чугуна был применен метод математического планирования экспериментов с использованием ортогонального центрального композиционного плана второго порядка [4].

Для экспериментальных исследований использовались цилиндрические образцы из высокопрочного чугуна, применяемого в настоящее время для производства ответственных деталей двигателей внутреннего сгорания (коленчатых и распределительных валов, поршневых колец, шатунов и т.д.), следующего химического состава: 3,5 % С, 2,7 % Si, 0,7 % Mn, 0,03 % P, 0,005 % S, 0,1 % Ni, 0,1 % Cr, 0,07 % Mg. Чугунные образцы, полученные из одной плавки, затем подвергались различным видам термической обработки (табл. 1, [5]).

Алмазное выглаживание образцов из высокопрочного чугуна производилось на станке 1Е61МФ2 инструментом сферической формы (индентор) радиусом 1,5 мм, установленным в пружинной оправке. В качестве смазки применялось масло Индустриальное-20. Перед алмазным выглаживанием образцы из высокопрочного чугуна с различной структурой исходной металлической матрицы (табл. 1, [5]) обрабатывались на оптимальных режимах упрочняющего точения (лезвийно-упрочняющая обработка) с получением на поверхности структуры вторичной закалки («белый слой»). Величина шероховатости по R_a определялась как среднее арифметическое по результатам трех параллельных опытов.

В качестве переменных факторов были приняты: радиальное усилие P_B , подача S_B и твердость структуры исходной металлической матрицы чугуна по Бринеллю (НВ). Параметром оптимизации служила величина среднего арифметического отклонения профиля ($y = R_a$). Интервалы варьирования переменных факторов были выбраны на основании литературных данных и анализа технологического процесса обработки.

После расчёта коэффициентов регрессии и статистической обработки результатов экспериментов было получено уравнение регрессии

$$R_a = 3,2305 - 0,0045P_B - 20,7S_B - 0,0081(НВ) + 0,035S_B P_B - 0,000004P_B(НВ) + 0,000009P_B^2 + 156S_B^2 + 0,000009(НВ)^2. \quad (1)$$

Контрольные опыты показали, что экспериментальные и рассчитанные по уравнению значения высоты неровностей совпадают в пределах допустимой ошибки опытов. По полученному уравнению (1) были рассчитаны значения R_a для различных сочетаний переменных факторов и построены графики.

Как видно из уравнения (1), усилие выглаживания P_b оказывает наиболее существенное влияние на степень шероховатости поверхности; наименьшая высота достигается при усилиях 250–300 Н в случае обработки высокопрочного чугуна с мартенситной и трооститной структурами исходной металлической матрицы. Если выглаживание осуществляется с усилием, меньшим 150 Н, инструмент контактирует с обрабатываемой поверхностью по вершинам неровностей, опорная площадь которых мала, а также имеет место неполное сглаживание неровностей. При $P_b > 300$ Н, очевидно, увеличиваются пластические искажения, возникает переупрочнение, появляются микротрещины поверхностного слоя, что приводит к росту высоты неровностей и снижению стойкости инструмента.

Наименьшая шероховатость в процессе алмазного выглаживания достигается при подачах 0,03–0,05 мм/об. для всех представленных структур исходной металлической матрицы высокопрочного чугуна (рис. 1).

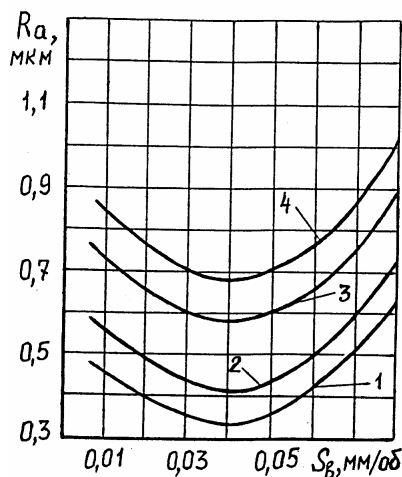


Рис. 1. Влияние подачи на шероховатость обработанной поверхности высокопрочного чугуна с различной исходной металлической матрицей: 1 – мартенсит отп.; 2 – троостит отп.; 3 – сорбит отп.; 4 – перлит + феррит; $V_b=100$ м/мин; $P_b=250$ Н, $i=1$

При подачах $S_b < 0,03$ мм/об. наблюдается пластическое искажение микропрофиля и перенаклёп поверхностного слоя вследствие большой кратности приложения нагрузки, в результате чего шероховатость увеличивается. В случае $S_b > 0,05$ мм/об уменьшается степень пластической деформации, ввиду малой кратности приложения нагрузки, и увеличивается шероховатость. Полученные результаты хорошо согласуются с данными работ [2, 3].

На рис. 2, а представлена зависимость шероховатости поверхности от твердости высокопрочного чугуна при алмазном выглаживании. Из графика видно, что с увеличением твердости чугуна уменьшается шероховатость обработанной поверхности. Такой характер зависимости объясняется ещё и тем, что образцы из высокопрочного чугуна, обработанные предварительно на оптимальных режимах упрочняющего точения, имели различную исходную шероховатость перед алмазным выглаживанием.

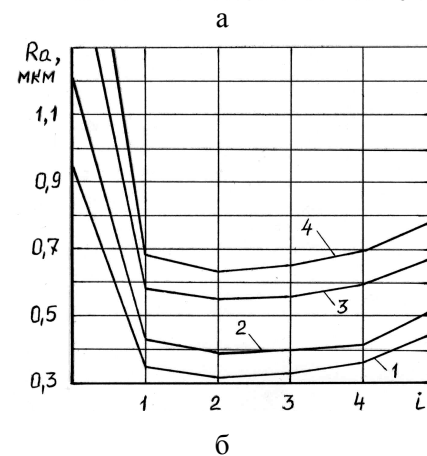
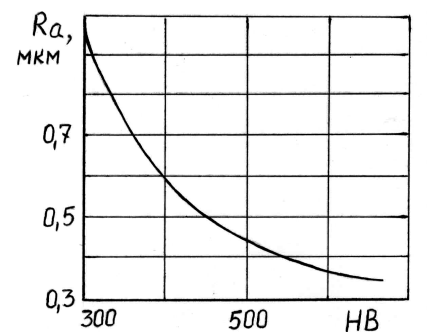


Рис. 2. Влияние твердости металлической матрицы высокопрочного чугуна и количества рабочих ходов на шероховатость поверхности после алмазного выглаживания: а – $V_b=1,6$ м/с, $S_b=0,04$ мм/об, $P_b=250$ Н, $i=1$; б – $V_b=1,6$ м/с, $S_b=0,04$ мм/об, $P_b=250$ Н

Как показали исследования, скорость выглаживания на шероховатость поверхности оказывает сравнительно малое влияние. При изменении скорости от 60 до 180 м/мин величина шероховатости практически не изменяется. При скоростях обработки более 200 м/мин качество поверхности ухудшается, появляются цвета побежалости, алмаз из-за перегрева сильно изнашивается. Целесообразно назначать скорости при выглаживании высокопрочного чугуна в интервале 90–150 м/мин.

Шероховатость поверхности также зависит от числа рабочих ходов и выглаживающего инструмента (рис. 2, б). Наибольший эффект достигается при первом проходе выглаживателя, когда происходит основное уменьшение шероховатости. С увеличением числа проходов до двух-трёх шероховатость уменьшается в меньшей степени, так как повторные проходы производятся по уже сглаженной поверхности.

Если количество проходов больше четырёх, то происходит перенаклёп поверхностного слоя, в результате чего шероховатость увеличивается, появляются трещины. Поэтому при выглаживании высокопрочного чугуна целесообразно назначать 1–2 рабочих хода.

Выводы

Алмазное выглаживание высокопрочного чугуна, выполняемое после лезвийно-упрочняющей обработки, снижает шероховатость поверхности, повышает микротвёрдость поверхностного слоя в среднем на 15 %, уменьшает его неоднородность, а также формирует в нем остаточные сжимающие напряжения. Таким образом, изменяя техно-

логические параметры процесса обработки, можно управлять формированием поверхностного слоя. Зная условия эксплуатации, можно заранее в процессе изготовления обеспечивать необходимые свойства поверхности деталей из высокопрочного чугуна.

Литература

1. Одинцов Л.Г. Финишная обработка деталей алмазным выглаживанием и вибро-выглаживанием / Л.Г. Одинцов. – М. : Машиностроение, 1981. – 160 с.
2. Торбило В.М. Алмазное выглаживание / В.М. Торбило. – М : Машиностроение, 1972. – 104 с.
3. Повышение несущей способности деталей машин поверхностным упрочнением / Л.А. Хворостухин, С.В. Шишкин, А.П. Ковалев, Р.А. Ишмаков. – М. : Машиностроение, 1988. – 144 с.
4. Винарский М.С. Планирование эксперимента в технологических исследованиях / М.С. Винарский, М.В. Лурье. – К. : Техніка, 1975. – 168 с.
5. Путятіна Л.І. Формування поверхневого шару виробів з високоміцного чавуну у процесі комплексної механічної обробки / Л.І. Путятіна // Довговічність, надійність, працездатність деталей рухомого складу залізниць та спеціальної залізничної техніки : зб. наук. пр. – Харків : УкрДАЗТ. – 2002. – Вип. 49. – С. 90–93.

Рецензент: В.И. Мощенок, профессор, к.т.н., ХНАДУ.

Статья поступила в редакцию 12 июля 2011 г.