

УДК 621.9.015

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ УГЛОВ УСТАНОВКИ КОНИЧЕСКОГО РОЛИКА НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Отений Я.Н., Лаврентьев А.М.*Камышинский технологический институт (филиал) Волгоградского государственного
технического университета, Камышин, e-mail: lamvstu@gmail.com*

Работа относится к технологии обработки наружных цилиндрических поверхностей поверхностным пластическим деформированием. Исследована величина проскальзывания конического ролика при обкатывании цилиндрических образцов, изготовленных из стали 35 и 45. Приведена схема для определения величины проскальзывания при обработке детали поверхностным пластическим деформированием, а также участок диаграммной ленты с записью сигнала, по которой производился подсчет импульсов поступающих со щупов, соприкасающихся с поверхностями ролика и детали, отнесенных к определенной длине записи. Определена величина глубины внедрения деформирующего ролика в заготовку и ее влияние на шероховатость обработанной поверхности. Результаты экспериментальных исследований представлены в виде графиков зависимостей изменения проскальзывания от углов самозатягивания и внедрения, шероховатости от глубины внедрения, углов внедрения и самозатягивания. Показано, что сила деформирования практически не изменяется при углах самозатягивания, находящихся в пределах от 0 до 3 градусов, поэтому уменьшение шероховатости поверхности обработанных образцов можно объяснить наличием проскальзывания соприкасающихся поверхностей обкатываемой детали и деформирующего ролика. Также установлено, что если установить конический ролик меньшим основанием в направлении подачи, то шероховатость несколько снижается по сравнению с установкой того же деформирующего элемента этим же основанием в направлении противоположном направлению подачи.

Ключевые слова: поверхностное пластическое деформирование, проскальзывание, самоподача

EXPERIMENTAL RESEARCH OF THE IMPACT OF ANGLES OF THE TANO ROLLER TANING ON THE ROUGHNESS OF THE BRAIDED SURFACE

Oteniy Ya.N., Lavrentev A.M.*The Kamyshev Technological Institute (branch) of the Volgograd State Technical University,
Kamyshev, e-mail: lamvstu@gmail.com*

Work belongs to technology of processing of external cylindrical surfaces superficial plastic deformation. The size of slipping of a conic roller when rolling the cylindrical samples made of steel 35 and 45 is investigated. The scheme for determination of size of slipping when processing a detail by superficial plastic deformation, and also the site of a chart tape with record of a signal on which calculation of the impulses arriving from the probes adjoining to surfaces of a roller and the detail carried to a certain length of record was made is provided. The size of depth of introduction of the deforming roller in preparation, and its influence on roughness of the processed surface is determined. Results of pilot studies are presented in the form of schedules of dependences of change of slipping on the angles of self-tightening and introduction, roughness from depth of introduction, the angles of introduction and self-tightening. It is shown that deformation force practically does not change at the angles of self-tightening which are ranging from 0 up to 3 degrees therefore it is possible to explain reduction of roughness of a surface of the processed samples existence of slipping of the adjoining surfaces to the rolled details and the deforming roller. It is also established that if to establish a conic roller by the smaller basis in the direction of giving, then the roughness decreases in comparison with installation of the same deforming element the same basis in the direction opposite to the direction of giving a little.

Keywords: superficial plastic deformation, slippage, self-feeding

При обработке наружных цилиндрических поверхностей все более широкое применение находит один из наиболее высокопроизводительных и экономичных видов обработки – поверхностное пластическое деформирование (ППД). В результате ППД повышается твердость поверхностного слоя, формируются благоприятные остаточные напряжения, уменьшается шероховатость [1–3], в некоторых случаях повышается точность размеров деталей [4–6].

Процесс обработки поверхностным пластическим деформированием происходит за счет принудительного качения де-

формирующего элемента, в виде тела вращения по обрабатываемой поверхности под воздействием приложенной к нему силы деформирования [1].

В зависимости от необходимых результатов по качеству поверхностного слоя и производительности обработки ППД деформирующий элемент может иметь различные формы и размеры [5, 6].

Зависимость изменения шероховатости от угла внедрения и наличие на графике минимума при достижении определенного значения угла внедрения ранее были известны. Ю.Г. Шнейдер [1] и Е.Г. Коновалов [2] объ-

яняют такую зависимость изменения шероховатости от угла внедрения изменением площади контакта. С увеличением угла внедрения площадь контактной зоны уменьшается, что вызывает увеличение контактных напряжений и уменьшение шероховатости. При достижении некоторой определенной величины контакта сказывается явление перенаклепа и шероховатость увеличивается [7, 8]. Это объяснение является качественным и не основывается на каких-либо расчетных данных и теоретических предположениях, в связи с чем не является единственно возможным и полным.

Экспериментальные исследования проводились с целью привлечения явления проскальзывания для объяснения влияния углов установки деформирующих элементов на шероховатость обработанных поверхностей, что может дополнить объяснение и выявить новые особенности процесса ППД.

Материалы и методы исследования

При планировании и подготовке экспериментальных исследований выбиралось необходимое число измерений при заданной погрешности, с использованием определенного метода измерения и конкретного приспособления [9, 10].

Для проведения экспериментальных исследований геометрических параметров контактной зоны были изготовлены образцы (рис. 1) из сталей 45 и 35. Изготовление образцов осуществлялось на токарно-винторезном станке 1К62. Для увеличения достоверности исследований предварительная и окончательная обработка образцов производилась на станке без переустановки, что позволило исключить биение образца. Измерение шероховатости осуществлялось на профилометре TR200.

Обработка производилась регулируемым обкатником, позволяющим обеспечить установку углов внедрения и самозатягивания с повышенной точностью, а также использовать деформирующий элемент произвольной конфигурации при заданном его положении относительно оси детали, устанавливаемый между опорными катками.

Исследовалось влияние на шероховатость величины внедрения, заднего угла, угла самозатягивания, а также размеров и конфигурации деформирующего элемента.

Глубина внедрения деформирующего элемента в обрабатываемую поверхность является одной из основных характеристик, которая входит в расчетные формулы для определения силы деформирования, геометрических параметров пятна контакта, контактных напряжений и др. Сегодня для определения глу-

бины внедрения деформирующего элемента в поверхность детали не существует точных расчетных зависимостей, которые позволяли бы определить этот параметр через усилие деформирования, параметры пятна контакта и др. Поэтому глубина внедрения определялась следующим образом: в процессе внедрения деформирующего элемента в обрабатываемую поверхность между ними помещался лист копировальной бумаги, имеющий толщину 0,005 мм, с результате, после снятия нагрузки, на ней и поверхностью детали получались два отпечатка различных размеров. Разница в размерах этих отпечатков и определяла величину упругого восстановления обкатываемой поверхности.

Величина проскальзывания деформирующего элемента относительно поверхности обкатываемого образца определялась следующим образом (рис. 1, а): в держатель, установленный на задней бабке токарно-винторезного станка 1К62, закреплялся изолированный токосъемник 1, токосъемник 2 устанавливался в головке обкатника и соприкасался с поверхностью деформирующего элемента 5, свободной от контакта с обкатываемой деталью. Если необходимо привести в соприкосновения всю поверхность деформирующего элемента с поверхностью детали, например при установке обрабатываемой конического деформирующего ролика параллельно оси обкатываемой детали, то ролик выполняется ступенчатым, токосъемник 2 соприкасается с меньшей ступенью ролика. На поверхностях деформирующего элемента и обкатываемой заготовки, которые соприкасаются с токосъемниками 1 и 2, наносят тонкий слой изоляционного материала. При вращении обрабатываемой детали изоляционный слой выполняет роль прерывателя. На токосъемники подается напряжение, представляющее собой сигнал с частотой, равной числу оборотов деформирующего элемента и обкатываемой детали. Этот сигнал передается на самопишущий регистрирующий прибор, в котором предусмотрена запись показаний на диаграммную ленту. Затем выполнялся подсчет импульсов, поступающих с токосъемников деформирующего элемента и обкатываемой детали, отнесенных к определенному времени обработки.

Подаваемое на щупы постоянное напряжение передается в виде ступенчатого сигнала с частотой вращения ролика и детали на быстродействующий самопишущий прибор и записывается на диаграммной ленте (рис. 1, б), после чего производят подсчет импульсов поступающих со щупов ролика и детали, отнесенных к определенной длине записи.

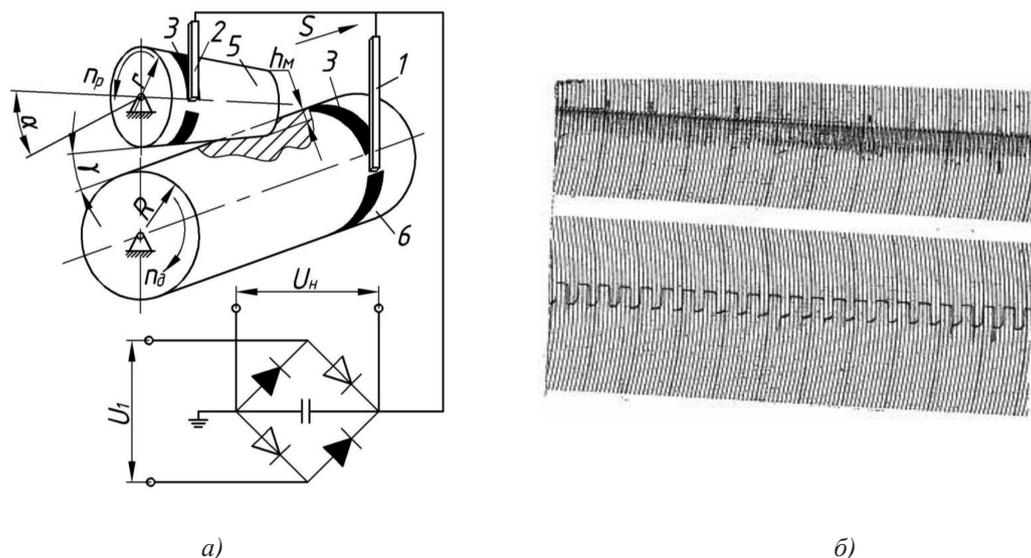


Рис. 1. Схема экспериментального определения величины проскальзывания: а) схема определения проскальзывания (1, 2 – токосъемники, 3, 4 – слой изоляционного покрытия, 5 – деформирующий элемент, 6 – обкатываемая деталь); б) запись сигнала на диаграммной ленте

Для подсчета количества импульсов на участке диаграммной ленты (рис. 1, б) выбирался промежуток записи с одинаковым числом оборотов детали и, на этом же промежутке, подсчитывались числа оборотов деформирующего элемента. Затем расчетом определяли теоретические числа оборотов обкатываемой детали и деформирующего элемента. Далее подсчитывали разность между теоретическими и экспериментальными значениями.

Исследования проводились для обработки наружной поверхности цилиндрической детали диаметром 80 мм, деформирующим элементом в виде конического ролика диаметром 18 мм при различных глубинах внедрения и углах внедрения и самозатягивания.

Результаты исследования и их обсуждение

По полученным экспериментальным данным были построены графики зависимости разности отношения чисел оборотов деформирующего элемента, полученные экспериментальным и расчетным путями.

Как видно из рис. 2, а, с увеличением угла самозатягивания проскальзывание увеличивается, с увеличением же угла внедрения проскальзывание уменьшается (рис. 2, б). Это объясняется тем, что при установке деформирующего элемента на угол самозатягивания возникает окружное проскальзывание, которое направлено противоположно вращению обкатываемой

детали. Уменьшение величины проскальзывания при увеличении угла внедрения объясняется уменьшением площади контакта деформирующего элемента и обкатываемой поверхности, в результате чего уменьшается и суммарное значение проскальзывания. Также проскальзывание увеличивается при увеличении глубины внедрения деформирующего ролика в обкатываемую поверхность (рис. 2, в). Это свидетельствует о том, что материал вытесняется из зоны контакта к менее его нагруженным участкам в направлении подачи деформирующего элемента.

Затем на измерителе шероховатости TR220 производились замеры шероховатости обкатанных поверхностей. В результате было установлено, что углы самозатягивания и внедрения деформирующего элемента относительно оси детали оказывают существенное влияние на шероховатость обработанной поверхности. На рис. 3 представлены графики зависимости изменения шероховатости обкатанной поверхности от изменения углов внедрения (рис. 3, а) и установки деформирующего элемента (рис. 3, б). Из графиков видно, при увеличении угла внедрения шероховатость обработанной поверхности сначала уменьшается и, достигнув минимального значения при угле 0,66 град., увеличивается.

Уменьшение шероховатости при увеличении угла самозатягивания (рис. 3, б) тоже можно объяснить наличием проскальзывания, так как изменение площади

пятна контакта, в диапазоне изменяемых углов самозатягивания, невелико. Если рассмотреть график изменения скорости проскальзывания (рис. 3, б) и сравнить его с графиком изменения шероховатости от угла самозатягивания (рис. 3, а), можно увидеть их обратно пропорциональную зависимость. Однако в работе [1] отмечается, что скорость обкатывания практиче-

ски не влияет на шероховатость обработанной поверхности. Это значит, что для определения влияния проскальзывания, между поверхностями деформирующего элемента и поверхностью обрабатываемой детали, на полученную шероховатость необходимо выявить расхождения в процессах выглаживания и проскальзывания при обкатывании.

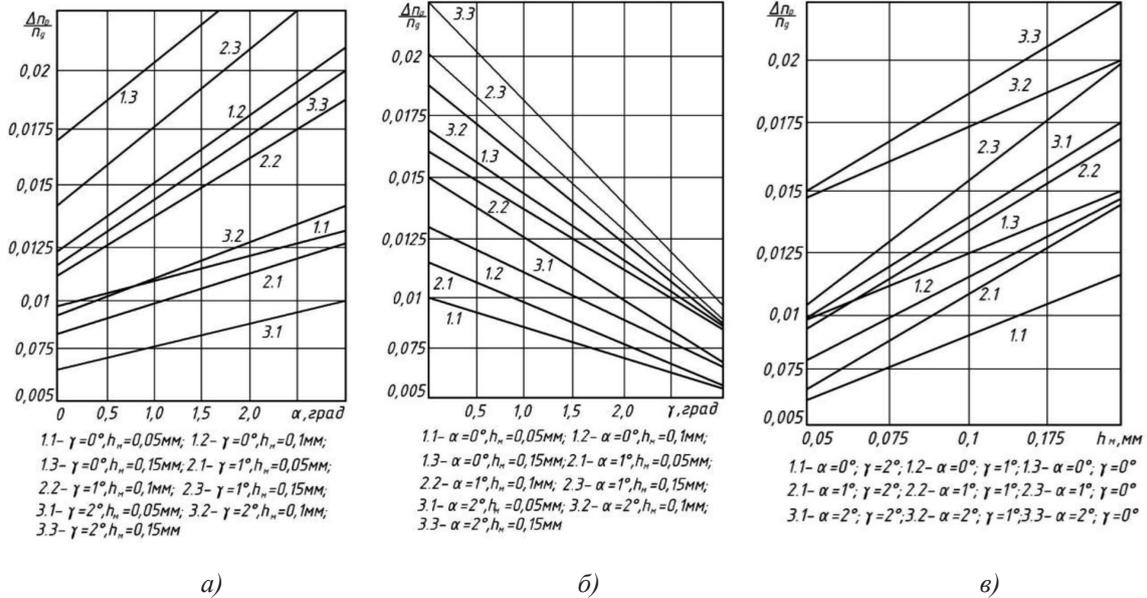


Рис. 2. Зависимость изменения величины проскальзывания – $\Delta p_s/p_s$ от угла самозатягивания – α (а), угла внедрения – γ (б), глубины внедрения – h_m (в)

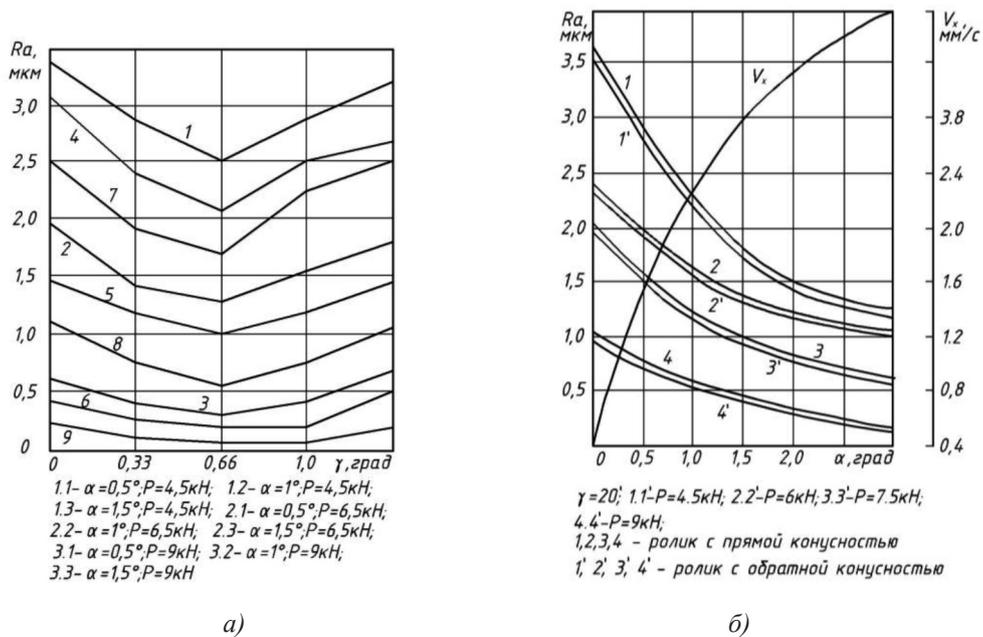


Рис. 3. Зависимость изменения шероховатости обработанной поверхности от глубины внедрения (а), угла самозатягивания (б)

Разница процесса проскальзывания деформирующего элемента при обкатывании от процесса выглаживания, кроме разных значений скоростей скольжения, является направлением проскальзывания. При обкатывании проскальзывание между поверхностями деформирующего элемента и поверхностью обрабатываемой детали направлено в сторону подачи и перпендикулярно направлению качения деформирующего элемента, а при выглаживании скольжение поверхности индентора направлено по окружности обрабатываемой детали.

Еще одной спецификой процесса проскальзывания является изменение его величины в пределах контактной зоны по определенной зависимости. Исходя из этого отличия, возникающие при формировании поверхностного слоя обработанной детали, определяются характером скольжения деформирующего элемента относительно обкатываемой поверхности. Для определения влияния проскальзывания на шероховатость обработанной поверхности деформирующих элементов различных конфигураций были проведены экспериментальные исследования, при которых деформирующий элемент, в виде конического ролика, устанавливался большим и меньшим основаниями в направлении подачи при одинаковых углах самозатягивания и внедрения. Из полученных графиков (рис. 3, б) видно, что при установке конического ролика меньшим основанием в направлении подачи шероховатость поверхности ниже, чем при установке того же ролика большим основанием в направлении подачи. Данное явление можно объяснить тем, что при установке конического ролика меньшим основанием в направлении подачи его радиус увеличивается в направлении той части контакта, в которой происходит выглаживание, а это в свою очередь приводит к увеличению проскальзывания.

Выводы

В результате проведения экспериментов были получены зависимости изменения величины шероховатости обработанной поверхности от углов самозатягивания и внедрения, а также расположения ролика относительно детали. Установлено, что при увеличении угла самозатягивания шерохо-

ватость поверхности обработанных образцов снижается. При этом площадь контакта и напряжения, при изменении угла самозатягивания в пределах от 0 до 3 градусов, изменяется в незначительных пределах. Из вышесказанного можно сделать вывод, что уменьшение шероховатости можно объяснить возникновением процесса проскальзывания деформирующего элемента относительно обкатываемой поверхности детали.

Изучение явления проскальзывания между поверхностями деформирующего элемента и обрабатываемой детали для объяснения влияния углов внедрения и самозатягивания на шероховатость может дополнить объяснение и выявить новые особенности процесса обработки ППД.

Список литературы

1. Шнейдер Ю.Г. Инструмент для чистовой обработки металлов давлением. Л: Машиностроение, 1971. 248 с.
2. Коновалов Е.Г., Чистосердов П.С., Фломенблит А.И. Ротационная обработка поверхностей с автоматической подачей. Минск: «Высшая школа», 1976. С. 192.
3. Безязычный В.Ф., Крылов В.Н., Чарковский Ю.К., Шилков Е.В. Технологические процессы механической и физико-химической обработки в машиностроении: учебное пособие. 4-е изд., стер. СПб.: Издательство «Лань», 2017. 432 с.
4. Отений Я.Н., Никифоров Н.И., Лаврентьев А.М., Алабин В.А. Обеспечение точности формы при обработке ротационным обкатыванием длинных толстостенных труб // Упрочняющие технологии и покрытия. 2012. № 7. С. 12–16.
5. Лаврентьев А.М. Разработка математической модели определения параметров контактной зоны при ротационном обкатывании роликом с вогнутой образующей // Фундаментальные исследования. 2016. № 12–4. С. 742–747.
6. Отений Я.Н., Лаврентьев А.М. Разработка математической модели определения параметров контактной зоны ролика и обрабатываемой заготовки при ротационном обкатывании роликами с прямолинейной и выпуклой образующими // Фундаментальные исследования. 2016. № 12–4. С. 766–770.
7. Сидняев Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных. М.: Издательство Юрайт, 2018. 495 с.
8. Третьяк Л.Н. Основы теории и практики обработки экспериментальных данных. М.: Издательство Юрайт, 2018. 237 с.
9. Никифоров Н.И. Определение влияния силы вдавливания конического ролика на деформацию цилиндрических образцов детали // Справочник. Инженерный журнал. 2011. № 9. С. 18–21.
10. Никифоров Н.И. Определение силы деформирования при ППД соответствующей началу шелушения в результате перенаклепа поверхности // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 12–4. С. 599–601.