

## ВЛИЯНИЕ РЕЖИМОВ ОБКАТЫВАНИЯ РОЛИКОМ НА ФОРМИРОВАНИЕ ШЕРОХОВАТОСТИ ПОВЕРХНОСТИ

*Изложены результаты экспериментальных исследований по изучению влияния подачи, скорости и количества проходов на шероховатость поверхности вала. Установлено, что в диапазоне изменения варьируемых параметров с увеличением скорости, количества проходов и уменьшением подачи значение шероховатости приближается к оптимальной – регламентируемой техническими условиями. При одинаковых условиях обработки шероховатость валов из стали 40X на 15–35% больше шероховатости валов из стали 45.*

*Ключевые слова: шероховатость, обкатывание роликом, подача ролика.*

A.A. ORGIJAN, V.V. STRELBITSKIY  
Odessa National Polytechnic University

### INFLUENCE OF MODES OF ROLLING-OFF BY ROLLER ON FORMING OF ROUGHNESS OF SURFACE

*The results of experimental studies on the effect of feed, speed and number of passes on the roughness of the shaft surface are presented. One of the promising methods that have become more widely used at the final stages of processing is surface plastic deformation, the essence of which is that the required dimensions and quality characteristics are achieved by plastic shaping of the surface layer of the material. Due to plastic deformation, the surface layer is hardened, residual compressive stresses occur. Difficulties in applying this processing of parts are due to the fact that in each specific case additional studies are required, since the parameters of processing regimes are assigned based on the results obtained empirically, which does not always lead to the desired result. The most widespread use in practice was the treatment of PPD with a roller. Analysis of the obtained dependences of the roughness of the shafts on the speed testifies to their practically linear dependence. Under the same machining conditions, the roughness of the 40X steel shafts is 20-25% greater than the roughness of the shafts of steel 45. Should be noted that increasing the speed to 180 m / min does not lead to a noticeable decrease in the roughness, a further increase in it leads to an increase in Ra. Analysis of the dependence of the roughness of the shaft surfaces Ra on the feed shows that for steel 40X it approaches linear, for steel 45 it has a nonlinear character. Under the same processing conditions, the roughness of 40X steel shafts is 20-35% higher than the roughness of shafts made of steel 45. The analysis of the obtained experimental roughness dependences on the number of passes showed that they are non-linear in nature, the minimum roughness values are realized on the 2 passes. With the increase in the number of passes, the subsurface layer of the workpiece undergoes a perforation, and the resulting compressive stresses may exceed the tensile strength of the workpiece material. Under the same machining conditions, the roughness of the 40X steel shafts is 15-20% greater than the roughness of the shafts made of steel 45.*

*Keywords: roughness, roller chiselling, roller feed.*

**Постановка проблемы.** Характерной чертой современного машиностроения является постоянное ужесточение технических требований к эксплуатационным характеристикам выпускаемой продукции.

Следует отметить, что эксплуатационные свойства изделий машиностроения зависят от качества поверхностного слоя отдельных деталей и узлов, причем формирование последнего происходит на финишных операциях обработки [1–4]. Поэтому проблема технологического обеспечения качества поверхностного слоя деталей является актуальной задачей.

**Анализ последних публикаций.** Одним из перспективных способов, получивших все более широкое применение на финишных этапах обработки, является поверхностное пластическое деформирование (ППД), сущность, которого состоит в том, что требуемые размеры и качественные характеристики достигаются пластическим формоизменением поверхностного слоя заготовки [1–9]. Вследствие пластической деформации происходит наклеп поверхностного слоя, возникают остаточные напряжения сжатия и увеличивается микротвердость.

Трудности применения указанной обработки деталей связаны с тем, что в каждом конкретном случае требуют проведения дополнительных исследований, так как параметры режимов обработки назначаются исходя из результатов, полученных эмпирическим путем, что не всегда приводит к желаемому результату.

Наиболее широкое применение в практике получила обработка ППД роликом.

В работах [3–9] показано, что на шероховатости обработанных поверхностей деталей оказывают влияние режимы ППД. Следует отметить, что приведенные в них данные обладают малой информативностью и не показывают всей картины процесса обработки.

Поэтому **целью исследования** является изучение влияния подачи, скорости обработки и количества проходов на шероховатость поверхности.

**Изложение основного материала.** В эксперименте были исследованы предварительно обточенные образцы 2 (рис. 1), диаметром 40 мм, из стали 45 и 40X, шероховатость поверхностей (рис. 2) которых была одинакова и составляла  $Ra = 2,5$  мкм.

Роликовый накатник 1 (рис.1) шириной 9 мм устанавливали в резцедержатель станка таким образом, чтобы его ось находилась на высоте центров станка и была ей перпендикулярна, а задний угол между поверхностями ролика и вала составлял  $1^\circ$ .



Рис. 1. Схема обкатки роликом (1) вала (2)

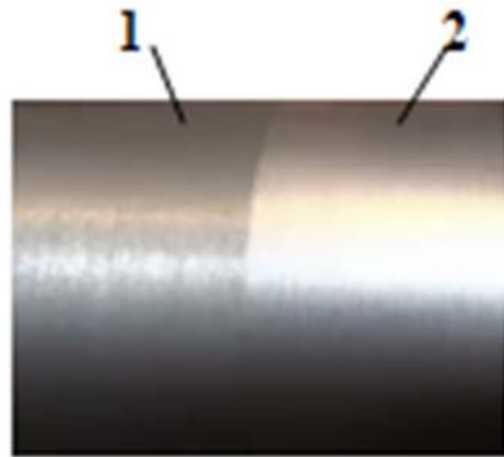


Рис. 2. Фото поверхности вала до (1) и после (2) обработки

На первом этапе определялось влияние скорости вращения валов из стали 40X и 45 на шероховатость его поверхности при усилии – прижатия инструмента к обкатываемой поверхности  $P = 700$  Н, продольной подаче  $S = 0,1$  мм/об, глубине  $t = 0,2$  мм в один проход и пяти значений скоростей обкатывания  $V = 60, 80, 100, 120$  и  $130$  (м/мин), с применением СОЖ – индустриального масла. Поверхности валов обкатывались роликами в один проход. Усилие обкатывания задавалось поперечным перемещением суппорта станка (ролика) по лимбу, его величина устанавливалась по тарифовочным графикам накатывания стали 45 и 40X цилиндрическими роликами шириной 9 мм.

По завершению цикла обработки на каждой из скоростей валы снимали, измеряли шероховатости обкатанных поверхностей вала с помощью профилометра «Surtronic 10 Ra Surface Tester», позволяющий определяет средние значения шероховатости поверхности с точностью до  $0,1$  мкм (рис. 3).

Действие прибора основано на принципе ощупывания неровностей исследуемой поверхности алмазной иглой с последующим преобразования механических колебаний щупа в изменения напряжения, пропорциональным амплитуде этих колебаний, которые усиливаются и преобразуются электронным блоком, при этом их значения усредняются и высвечиваются на дисплее прибора.

Опыты повторяли трижды, результаты – усредняли.

Полученные зависимости шероховатости  $Ra$  поверхности от скорости вращения вала представлены на рис.4, где экспериментальные значения показаны в виде точек, кривые – результаты аппроксимации.

Анализ результатов свидетельствует о практически линейной зависимости шероховатости  $Ra$  от скорости, причем при одинаковых условиях обработки шероховатость валов из стали 40X на 20–25 % больше шероховатости валов из стали 45.

Следует отметить, что увеличение скорости до 180 м/мин не приводит к заметному уменьшению шероховатости, дальнейшее ее увеличение – приводит к повышению  $Ra$ .

Результаты экспериментов свидетельствуют о возможностях определения оптимальных (регламентированных техническими условиями) значений шероховатости.

Исследования по установлению влияния подачи ролика на шероховатость поверхностей валов производили по описанной выше методике, на следующих технологических режимах:  $P = 700$  Н,  $V_1 = 100$  м/мин,  $t = 0,2$  мм, СОЖ – индустриальное масло, в один проход, при следующих значениях подач  $S = 0,05, 0,1, 0,15, 0,2, 0,25, 0,3, 0,4$  мм/об.

По завершению цикла обработки на каждой из подач валы снимали и измеряли шероховатости обкатанных поверхностей. Результаты экспериментов представлены на рис. 5.

Анализ зависимостей шероховатости обкатанных поверхностей  $Ra$  от подачи показывает, что для стали 40X она приближается к линейной, для стали 45 – носит нелинейный характер. При одинаковых условиях обработки шероховатость валов из стали 40X на 20–35% больше шероховатости валов из стали 45.

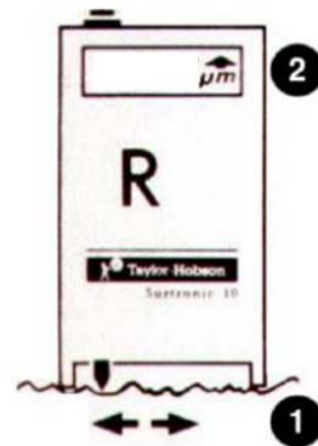


Рис. 3. Общий вид профилометра «Surtronic 10 Ra»: 1 – перемещение измерительной иглы, 2 – дисплей с показаниями среднего значения шероховатостей

при этом их значения усредняются и высвечиваются на дисплее прибора.

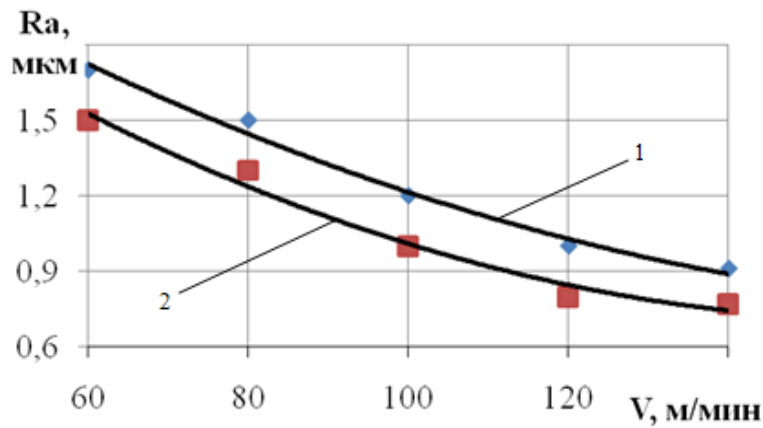


Рис. 4. Зависимость шероховатости поверхности Ra от скорости вращения V вала при обработке валов из сталей 40X (1) и 45 (2)

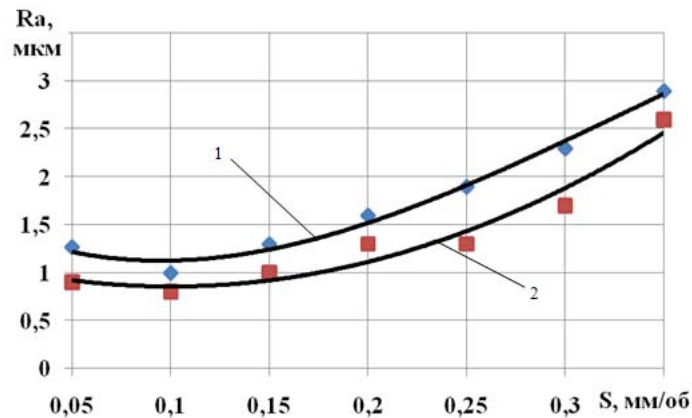


Рис. 5. Зависимость шероховатости поверхности Ra от подачи S ролика при обработке валов из сталей 40X (1) и 45 (2)

С уменьшением подачи – шероховатость уменьшается, что вполне согласуется с геометрическими зависимостями для роликов [2–7]. Следует отметить, что при достижении некоторой критической величины подачи параметр Ra начинает увеличиваться, поскольку каждая точка поверхностного слоя даже при одном рабочем ходе ролика подвергается пластическому воздействию несколько раз. Данное явление мы наблюдали при проведении экспериментов, его можно объяснить тем, что зона пластической деформации, которая образуется в стыке ролика с валом, перемещается вдоль оси в направлении продольной подачи S и многократно “накрывает” каждую точку поверхностного слоя.

Установление влияния числа проходов ролика на шероховатость поверхности вала исследовали при следующих режимах обкатывания:  $P = 700$  Н,  $V_1 = 100$  м/мин,  $t = 0,2$  мм,  $S_1 = 0,1$  мм/об, СОЖ – индустриальное масло, в один затем в 2, 3 и 4 прохода. Зависимости шероховатости обкатанной поверхности валов от количества проходов представлены на рис. 6.

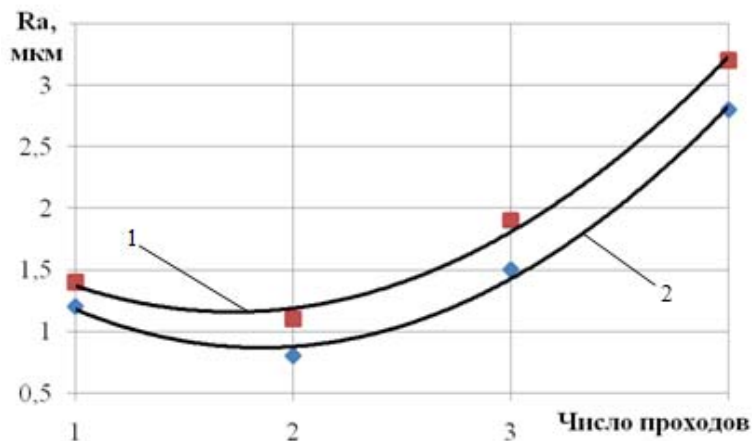


Рис. 6. Зависимость шероховатости поверхности Ra от числа проходов ролика при обработке валов из сталей 40X (1) и 45 (2)

Анализ полученных экспериментальных зависимостей показал, что они носят нелинейный характер,

минимальные значения шероховатостей реализуются на 2-м проходе. С увеличением числа проходов – подповерхностный слой детали подвергается перенаклепу, а сформировавшиеся при этом сжимающие напряжения могут превысить предел прочности материала детали, что приведет к «шелушению» обрабатываемой поверхности, т.к. формируются микрообъемные разрушения и отслоение в перенаклепанном слое.

При одинаковых условиях обработки шероховатость валов из стали 40Х на 15–20% больше шероховатости валов из стали 45.

В дальнейшем авторами статьи планируется провести комплексные исследования по установлению зависимостей шероховатости поверхности от совместного изменения отдельных режимов обкатывания с учетом производительности обработки.

### Выводы

Анализируя полученные в работе экспериментальные зависимости шероховатостей обкатанных роликами поверхностей, можно сделать вывод, что на шероховатость вала влияют материал заготовки, подача, скорость обработки и количество проходов роликом. В экспериментах установлены оптимальные значения шероховатостей. С увеличением скорости накатывания, количества проходов и уменьшением подачи величина шероховатости уменьшается до определенных минимальных значений, заданных техническими условиями.

### Литература

1. Каледин Б.А. Повышение долговечности деталей поверхностным деформированием / Б.А. Каледин, П.А. Чепя. – Минск : Наука и техника, 1974. – 230 с.
2. Бабей Ю.И. Поверхностное упрочнение металлов / Ю.И. Бабей, Б.И. Бутаков, В.Г. Сысоев – К. : Наукова думка, 1995. – 256 с.
3. Смелянский В.М. Механика упрочнения деталей поверхностным пластическим деформированием / В.М. Смелянский. – М. : Машиностроение, 2002. – 299 с.
4. Папшев Д.Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием / Д.Д. Папшев. – М. : Машиностроение, 1978. – 152 с.
5. Рыковский Б.П. Местное упрочнение деталей поверхностным наклепом / Б.П. Рыковский, В.А. Смирнов, Г.М. Щетинин. – М. : Машиностроение, 1985. – 152 с.
6. Шнейдер Ю. Г. Технология финишной обработки давлением : справ. / Ю. Г. Шнейдер. – СПб : Политехника, 1998. – 416 с.
7. Одинцов Л. Г. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием : Справочник / Л. Г. Одинцов. – М. : Машиностроение, 1987. – 328 с.
8. Коновалов Е.Г. Чистовая и упрочняющая ротационная обработка поверхностей / Коновалов Е.Г., Сидоренко В.А. – Минск : Высшая школа, 1968. – 363 с.
9. Стрельбицкий В. В. Определение влияния усилий деформирования на шероховатость поверхности вала при накатывании роликом / В. В. Стрельбицкий, Я. Е. Сурков // Вимірюв. та обчислюв. техніка в технол. процесах : матеріали XVII міжнар. наук.-практ. конф., Одеса, 8–13 черв. 2017 р. – Одеса, 2017. – С. 51–52.

### References

1. Kaledin B.A. Povyshenie dolgovechnosti detalej poverhnostnym deformirovaniem / B.A. Kaledin, P.A. Chepa. – Minsk: Nauka i tehnika, 1974. – 230 s.
2. Babej Ju.I. Poverhnostnoe uprochnenie metallov / Ju.I. Babej, B.I. Butakov, V.G. Sysoev – K.: Naukova dumka, 1995. – 256 s.
3. Smeljanskij V.M. Mehanika uprochnenija detalej poverhnostnym plasticheskim deformirovaniem / V.M. Smeljanskij. - M.: Mashinostroenie, 2002. - 299 s.
4. Papshev D.D. Otdelochno-uprochnjajushaja obrabotka poverhnostnym plasticheskim deformirovaniem / D.D. Papshev - M.: Mashinostroenie, 1978. - 152 s.
5. Rykovskij B.P. Mestnoe uprochnenie detalej poverhnostnym naklepom / B.P. Rykovskij, V.A. Smirnov, G.M. Shhetinin - M. : Mashinostroenie, 1985. - 152 s.
6. Shnejder, Ju. G. Tehnologija finishnoj obrabotki davleniem: sprav. / Ju. G. Shnejder. – SPb. : Politehnika, 1998. – 416 s.
7. Odincov, L. G. Uprochnenie i otdelka detalej poverhnostnym plasticheskim deformirovaniem : Spravochnik / L. G. Odincov. – M. : Mashinostroenie, 1987. – 328 s.
8. Konovalov E.G., Sidorenko V.A. Chistovaja i uprochnjajushhaja rotacionnaja obrabotka poverhnostej. – Minsk: Vysshaja shkola, 1968. – 363 s.
9. Strel'bickij V. V. Opredelenie vlijanija usilij deformirovanija na sherohovatost' poverhnosti vala pri nakatyvanii rolikom / V. V. Strel'bickij, Ja. E. Surkov // Vimirjuv. ta obchisljuv. tehnika v технол. процесах : матеріали XVII mizhnar. наук.-практ. конф., Одеса, 8-13 черв. 2017 р. – Одеса, 2017. - S. 51-52.

Рецензія/Peer review : 12.11.2017 р.      Надрукована/Printed : 10.02.2018 р.  
Рецензент: стаття рецензована редакційною колегією