

UDC 69

Toigambayev S.K., Karapetyan M.A., Loktionov S. A. Design parameters of a conical roller for multi-roller rolling when processing cast iron parts

Конструкционные параметры конического ролика для многороликовой раскатки при обработке чугунных деталей

Toigambayev Serik Kokibayevich

is a Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of Technical Service of Machines and Equipment. Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia.

Karapetyan Martik Arshaluisovich

is a Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Technical Service of Machines and Equipment. Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia.

Loktionov S. A.

postgraduate student of the Department of Technical Service of Machines and Equipment.
Russian State Agrarian University named after K.A. Timiryazev, Moscow, Russia.

Тойгамбаев Серик Кокибаевич

д.т.н., профессор кафедры технический сервис машин и оборудования. Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Карапетян Мартик Аршалуйсович

д.т.н., профессор кафедры технический сервис машин и оборудования. Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Локтионов С. А.

аспирант кафедры технический сервис машин и оборудования. Российский государственный аграрный университет им. К.А. Тимирязева, г. Москва, Россия.

Abstract. Analysis of scientific and technical literature on the issue of processing cast iron parts by multi-roller rolling machines showed that existing rolling machine designs have a significant drawback: when a high class of purity of the smoothed surface is achieved (Ra less than $5.0\ \mu\text{m}$), the macrogeometry of the rolled hole deteriorates. The article presents the results of work on improving the design parameters used for multi-roller rolling when processing cast iron parts.

Keywords: roller; deformation process; repair; rolling; separator; technological modes; mandrel; reliability.

Аннотация. Анализ научно-технической литературы по вопросу обработки многороликовыми раскатками чугунных деталей показал, что существующие конструкции раскаток имеют существенный недостаток: при достижении высокого класса чистоты сглаживаемой поверхности (Ra менее $5,0\ \mu\text{м}$) происходит ухудшение макрогеометрии раскатываемого отверстия. В статье приводятся результаты работ по совершенствованию конструкционных параметров применяемых для многороликовой раскатки при обработке чугунных деталей.

Ключевые слова: ролик; процесс деформирования; ремонт; раскатывание; сепаратор; технологических режимов; оправка; надежность.

Рецензент: Мартеха Александр Николаевич – кандидат технических наук, доцент.
Доцент ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева»

В настоящее время практически, всем исследователям рекомендовано применять раскатки для обработки чугунных деталей от 9 и выше качества. Объясняется это следующим:

- во-первых, отсутствие рекомендаций и методики выбора деформирующих элементов раскатки приводят к тому, что в существующих конструкциях используются ролики, геометрия которых не взаимосвязана с физико-механическими свойствами обрабатываемой детали и выбранными технологическими режимами процесса деформирования [1,2,3,4]. Поэтому для получения высокой чистоты раскатываемого отверстия чаще всего рекомендуется прикладывать большие радиальные усилия, что, естественно, вызывает деформацию стенок детали;

- во-вторых, рекомендуется производить обработку чугунных деталей с самоподачей инструмента (путем поворота оси роликов относительно оси детали), что не дает возможность менять продольную подачу раскатки при изменившихся режимах процесса раскатывания;

- в-третьих, не принимается во внимание и не учитывается погрешности приспособлений, биение шпинделя в используемых станках и т.д.

Таким образом, можно констатировать, что до настоящего мало конструкции раскатки, позволяющей получать высокую чистоту сглаживаемой поверхности при обработке чугунных деталей 7...8 качества. Результаты исследований по выявлению оптимальных геометрических параметров стандартных конических роликов позволяют сделать некоторые рекомендации при конструировании многороликовых раскаток, предназначенных для обработки деталей из серого чугуна [5,6,7,8,9].

1. Выбор диаметра деформирующих роликов зависит от способа подготовки поверхности детали перед раскатыванием и принятой исходной чистоты поверхности. Например, раскатывание расточенных деталей с исходной чистотой $Ra = 3,2$ мкм целесообразно производить роликами диаметром 6...9 мм.

2. Заборная часть роликов должна иметь радиусную фаску величиной 1,5...2,5 мм.

3. Ролики по наибольшему диаметру должны отличаться друг от друга не более 0,05 мм, по длине - не более 0,1 мм. После сборки раскатки необходимо для приработки роликов произвести раскатывание 2...3-х втулок, расточенных по 7 качеству точности, с небольшим натягом (до 0,08 мм), минимальной продольной подачей и с добавлением в охлаждающе-смазочную жидкость 5...10% (от массы СОЖ) абразива с размерами частиц 20...30 мкм. Затем раскатку тщательно промыть и удалить все следы абразива.

4. Угол наклона роликов к обрабатываемой поверхности должен выбираться в зависимости от способа подготовки поверхности детали перед раскатыванием. Для расточенных деталей $\alpha_0 = 1^{\circ}20' \dots 1^{\circ}30'$.

5. При конструировании раскаток угол самоподачи γ должен быть равен нулю, что позволит варьировать величиной продольной подачи инструмента в процессе раскатывания.

6. Для уменьшения влияния погрешностей станка и приспособлений наиболее предпочтительна схема обработки: инструмент закрепляется в плавающем приспособлении, деталь крепится жестко; деталь вращается, инструмент имеет только продольную подачу.

7. Для более точного центрирования раскатки в процессе раскатывания необходимо предусмотреть направляющие (деревянные, текстолитовые) перед роликами и на сепараторе.

На рис. 1 представлена конструкция многороликовой раскатки для обработки чугунных деталей 7...9 квалитета точности. Раскатки состоит из передней направляющей 1, деформирующих роликов 2, сепаратора 3, опорного конуса 4, пружины 5, задней направляющей 6, механизма регулировки 7 и оправки 8.

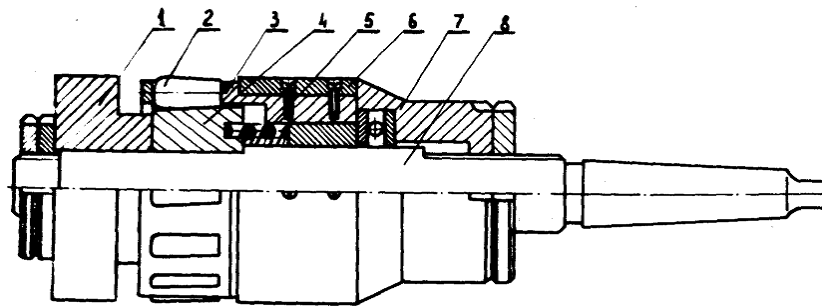


Рис. 1. Конструкция усовершенствованной многороликовой раскатки

1 - передняя направляющая, 2 - деформирующий ролик, 3 - сепаратор, 4 - опорный конус, 5 - пружина, 6 - задняя направляющая, 7 - гайка регулировочная, 8 - оправка.

Передняя и задняя направляющие выполнены из текстолита, они жестко закреплены, первая на оправке, вторая на сепараторе. Номинальный диаметр передней направляющей равен $D_{мин}$ раскатываемого отверстия, номинальный диаметр задней направляющей - $D_{мах}$. Допуск на их изготовление $\pm 0,005\text{мм}$. Ролики стандартные, конические, из подшипника № 200007109. Диаметр роликов 7,8 мм, длина - 13,64 мм, угол конусности $\alpha = 2^\circ 30'$.

Сепаратор выполняется из стали ХВГ или ШХ-15, подвергается термообработке для получения твердости 590...610 МПа. Оси пазов расположены параллельно оси инструмента. Для уменьшения трения между сепаратором и оправкой, а также исключения биения сепаратора, в него запрессовывается бронзовая втулка, которая

сопрягается с оправкой по прессовой посадке. Механизм регулировки, предназначенный для установки инструмента на заданную величину натяга, позволяет с точностью до 0,01 мм выдерживать заданный натяг [10,11]. С целью проверки "сглаживающей способности" данного инструмента, а также более детального изучения оптимальных способов предварительной обработки чугунных деталей перед раскатыванием и отработки непосредственно технологических режимов процесса раскатывания были проведены соответствующие исследования, результаты которых даны ниже. Одновременно, изучалось изменение ряда физико-механических свойств деформированных поверхностей чугунных деталей после обработки их данной раскаткой. При изучении технологических режимов обработки чугунных деталей поверхностным пластическим деформированием рассматривалось влияние натяга, способа предварительной подготовки поверхности детали, а также величина продольной подачи инструмента. Характеристика обрабатываемого материала, форма и размер деталей приведены в общей методике. Предварительная обработка деталей осуществлялась по 9 и 10 квалитетам точности.

Влияние натяга на процесс раскатывания. Для осуществления процесса раскатывания по выбранным технологическим режимам (t , S_p , V_p) следует настроить раскатку на установочный размер d_o , превышающий диаметр отверстия заготовки $d_{зар}$ на величину натяга i .

$$d_o = d_{зар} + i \quad (1)$$

Изучалось влияние на выбор величины натяга i : а) исходной высоты микронеровностей поверхности детали перед раскатыванием; б) жесткость стенок детали; в) продольной подачи раскатки; г) скорости раскатывания.

а) Влияние исходной высоты микронеровностей поверхности детали перед раскатыванием; Эксперименты проводились на расточенных деталях с высотой неровностей в пределах от 3,5 мкм до 24, мкм. Раскатывание осуществлялось с натягами от 0,05 до 0,125мм. Диаметр роликов 7,8 мм, длина роликов - 13,4 мм, угол наклона роликов к обрабатываемой поверхности $\alpha = 1^\circ 30'$. Подача инструмента - 0,08 мм/об на I ролик, число проходов раскатки - I. Результаты экспериментов представлены на рис. 2. Характер всех трех кривых показывает, что микронеровность сглаживаемой поверхности снижается на 2...2,5 порядка. Чем ниже исходная высота шероховатости поверхности детали, тем уменьшение ее происходит менее интенсивно, так как при малых высотах микронеровностей площадь контакта деформирующих роликов с обрабатываемой поверхностью резко увеличивается, уменьшается величина удельного радиального давления на гребешки и часть прикладываемого усилия расходуется на

преодоление сил упругости нижележащих (под гребешками) слоев металла [12].

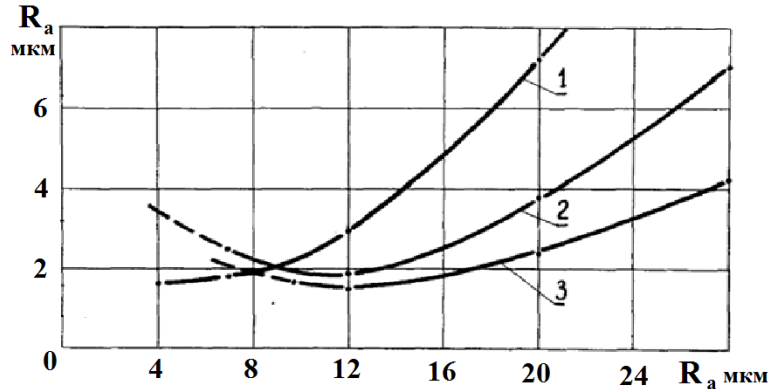


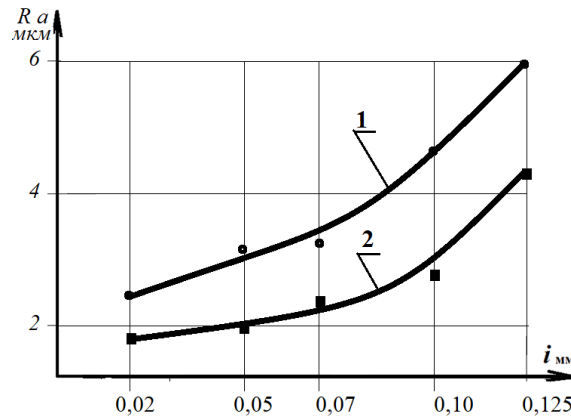
Рис. 2. Зависимость исходной и деформированной шероховатости поверхности детали при раскатывании с различными натягами.
 1- натяг 0,05 мм, 2 – натяг 0,085 мм, 3 – натяг 0,125 мм

б) *Влияние жесткости стенки детали.* Эксперименты проводились на расточенных деталях с высотой микронеровностей 10...12 мкм. Жесткость стенок деталей (R/r – наружный радиус детали деленный на внутренний радиус детали) была принята 1,50 и 1,25. Раскатывание осуществлялось на станке 1К62 с натягами от 0,02 до 0,125 мм роликовой раскаткой с диаметром роликов 7,8мм. Подача раскатки была 0,08 мм/об на 1 ролик. Результаты экспериментов по изучению зависимости между жесткостью детали и натягом приведены на графике рис. 3.

Из графика видно, что натяг обуславливает упругие деформации стенок обрабатываемой детали $t_{упр.}$, увеличение размера отверстия за счет остаточного деформирования стенок $t_{ст.}$ и сглаживания микронеровностей $t_{мн.}$, т.е..

$$i + t_{упр.} + t_{ст.} + t_{мн.} \quad (2)$$

При раскатывании деталей с высокой жесткостью стенок ($R/r = 1,75$ в наших опытах) при натягах до 0,05 мм увеличение размера обрабатываемого отверстия осуществляется преимущественно за счет пластического деформирования неровностей ($t_{мн.}$). При $t > 0,05$ мм на изменение размера отверстия оказывает влияние и $t_{ст.}$



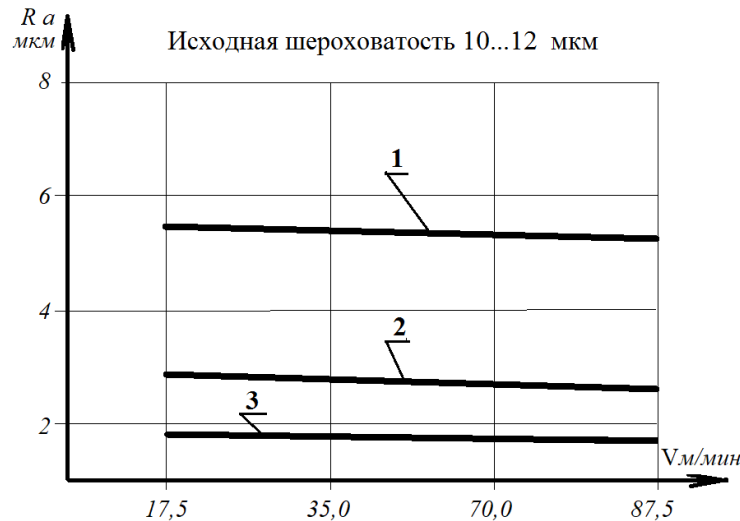
1. $D_{нар} / d_{вн} = 1,4$ 2. $D_{нар} / d_{вн} = 1,25$

Рис. 3. Зависимость величины натяга от жесткости стенок детали

Сглаживание деталей с малой жесткостью ($R/r = 1,25$) практически при любых значениях натяга на увеличение размера отверстия детали оказывают влияние все три составляющие натяга. Необходимо отметить, что прямые на графике не проходят через начало координат. Это говорит о том, что для каждого значения жесткости стенок детали существует такая минимальная величина натяга, при которой нет приращения размера отверстия. Этот натяг возбуждает только упругие деформации стенок детали и в системе деталь-инструмент [13,14]

в) *Влияние продольной подачи раскатки.* Изучение влияния величины продольной подачи раскатки на чистоту деформируемой поверхности осуществлялось на расточенных деталях с исходной шероховатостью $R_a = 14$ мкм при изменении величины подачи от 0,1 до 0,70 мм/об на I ролик и с натягами от 0,05 до 0,150 мм. В целом, можно заключить, что для исходной шероховатости поверхности под раскатывание чугуновых деталей $R_a 10 \dots 14$ мкм, диапазон продольной подачи инструмента с целью достижения малых величин микронеровностей раскатываемой поверхности довольно велик и колеблется в пределах от 0,08...0,70 мм/об на I ролик.

г) *Влияние скорости раскатывания.* Результаты исследований по влиянию скорости раскатывания (вращение детали относительно раскатки) на изменение шероховатости раскатываемой поверхности при различных натягах рисунок 4.



1 - натяг 0,05мм, 2 - натяг 0,085мм, 3 - натяг 0,125мм

Рис. 4. Влияние скорости раскатывания на шероховатость раскатанной поверхности детали при различных натягах

Раскатывание производили при числе оборотов детали 110, 220, 440 и 500 об/мин, что соответствовало 17,5, 35,0, 70,0 и 87,5 м/мин. Исследования показали, что изменение скорости раскатывания практически не оказывает влияния на выбираемую величину натяга i .

Выводы:

Таким образом, настройку раскатки на установочный размер следует производить без учета влияния продольной подачи инструмента и скорости раскатывания, а учитывать необходимо только величину исходной шероховатости перед раскатыванием.

Conclusions:

Thus, the adjustment of the rolling to the installation size should be carried out without taking into account the influence of the longitudinal feed of the tool and the rolling speed, and it is only necessary to take into account the value of the initial roughness before rolling.

References

1. Билик Ш.М. Пары трения металл-пластмасса в машинах и механизмах. М.: Машиностроение, 2003.-311 с.
2. Башнин Ю.А. Технология термической обработки. / -М.: Металлургия, 2001. 85с
3. Гусев С.С. Восстановление качества отработанных нефтяных масел с помощью ПГС-полимеров на сельскохозяйственных предприятиях. / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. Москва, 2006.

4. Коваленко В.П., Улюкина Е.А., Гусев С.С. Удаление загрязнений из нефтепродуктов самоочищающимся фильтром. / Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования "Московский государственный агроинженерный университет имени В.П. Горячкина". 2013. № 3 (59). С. 35-37.
5. Карапетян М.А., Пряхин В.Н. Управление двигателями транспортно-технологических систем. / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2005. № 10. С. 22-23.
6. Орлов Б.Н., Карапетян М.А., Абдулмажидов Х.А. Исследования износа рабочих элементов машин и технологического оборудования. / Тракторы и сельхозмашины. 2014. № 2. С. 36-38.
7. Осенних, Е.А. Анализ способов поверхностной закалки деталей машин сельскохозяйственной техники / Е.А. Осенних, Г.С. Игнатьев // Достижения науки - агропромышленному производству: сб. мат. IIV межд. научп. конф. (Челябинск, 29-31 янв. 2015 г.) – Челябинская ГАА, 2015. – С. 111–118.
8. Тургиев А.К., Карапетян М.А., Мочунова Н.А. К вопросу определения буксования ведущих колес трактора. / Естественные и технические науки. 2010. № 5 (48). С. 570-572
9. Тойгамбаев С.К. Совершенствование моечной машины ОМ–21614. / Техника и технология. 2013. № 3. С. 15-18.
10. Тойгамбаев С.К. Технология производства транспортных и технологических машин природообустройства. / Учебник / Москва. 2020. 484с.
11. Тойгамбаев С.К. Восстановление бронзовых втулок скольжения центробежной заливкой с применением электродугового нагрева. / Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2015. № 7. С. 28-32.
12. Тойгамбаев С.К., Апатенко А.С. Обработка результатов информации по надежности транспортных и технологических машин методом математической статистики. / Учебно- методическое пособие. Изд. "Мегаполис". Москва. 2020. С. 25.
13. Шнырев А.П., Тойгамбаев С.К., Сергеев Г.А., Казимирчук А.Ф. Основы технологии изготовления деталей транспортных и технологических машин. / Учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 190207-"Машины и оборудование природообустройства и защиты окружающей среды". Москва, 2008. С. 238
14. Martynova N., Telovov N., Toigambayev S., Shavazov K., Yusupov S. / Machine for carrying works on deep loosening of soil with the simultaneous application of liquid organic fertilizers. В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 1. Сер. "1st International Conference on Energetics, Civil and Agricultural Engineering 2020" 2020. С. 012145.