

ОБКАТЫВАНИЕ РОЛИКАМИ КАК МЕТОД ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ
МАШИН И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОБРАБОТКИ

Boris Butakov

Mykolayiv State Agrarian University, Ukraine

etcmt@yandex.ru

Аннотация. Представлен анализ метода поверхностного пластического деформирования обкатыванием роликами стальных деталей с целью повышения их износостойкости и усталостной прочности, а также повышения производительности обработки.

Ключевые слова: обкатывание роликами, микропрофиль, шероховатость поверхности.

ВСТУПЛЕНИЕ

Качество деталей определяется их долговечностью, сроком службы при эксплуатации машины. Поверхностный слой металла, наиболее нагруженный и наименее защищенный от вредных воздействий, значительно влияет на качество деталей.

Между долговечностью деталей и характеристиками поверхностного слоя (шероховатостью поверхности, структурой, химическим составом материала, распределением по глубине механических свойств и остаточных напряжений), называемыми иногда характеристиками качества поверхности, существуют сложные, не всегда известные связи. Тем не менее, оценивая, как тот или иной способ обработки отражается на качестве деталей, часто ограничиваются определением характеристик качества поверхностного слоя металла. Например, определяют зависимость шероховатости или поверхностной твердости от режима обработки. В ограниченных пределах изменение отдельных свойств или даже одного какого-либо свойства поверхностного слоя может быть достаточным для грубого суждения о качестве деталей.

Допуская такие случаи, следует, однако, иметь в виду следующие три положения.

1. Общепринятые и доступные определению параметры поверхности далеко не полностью характеризуют ее работоспособность. В качестве примера можно указать на высоту неровности микропрофиля поверхности по ГОСТ 2789-73.

2. Связь известных характеристик поверхностного слоя с качеством, долговечностью деталей, как правило, не монотонна. В большинстве случаев существуют неизвестные заранее, оптимальные параметры поверхностного слоя, отвечающие наивысшему качеству деталей для данных условий эксплуатации.

3. Свойства поверхностного слоя детали влияют друг на друга. Это существенно усложняет задачу их оптимизации и не позволяет распространять результаты исследования одного случая обработки на другие случаи.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Чистовые способы механической обработки резанием и обкатыванием роликами по-разному влияют на эксплуатационные свойства деталей машин. При обкатывании поверхностный слой деталей не разрушается и не удаляется. В процессе пластической деформации плотность металла снижается и в поверхностном слое возникают значительные сжимающие остаточные напряжения. Этим в основном определяется упрочняющий эффект обкатывания роликами для повышения усталостной прочности деталей, работающих на изгиб и кручение при циклических нагрузках [Кудрявцев 1951].

В настоящее время не вызывает сомнений возможность и целесообразность деформационного упрочнения деталей весьма крупных размеров. Получение максимального упрочнения, сопровождаемого многократным увеличением долговечности, является чисто технологической задачей. На заводах тяжелого машиностроения накоплен значительный опыт упрочнения крупных деталей поверхностным пластическим деформированием. Ряд примеров приведен в табл. 1. Исследования, выполненные на Уралмашзаводе совместно с ЦНИИТМАШем, послужили основанием для разработки достаточно общих методик выбора режимов упрочнения крупных валов и позволили проверить их эффективность на образцах диаметром 180-200 мм [Браславский 1975].

Для упрочнения крупных валов на токарных станках применяют устройства с механическим и гидравлическим нагружением, позволяющие при усилиях в 60-70 кН деформировать металл на глубину более 10 мм. Использование столь значительных нагрузок допустимо лишь на самых тяжелых станках для упрочнения наиболее крупных деталей. Упрочнять деформированием галтели, резьбу и шлицы на валах средних размеров необходимо при меньших усилиях. Для этой цели были применены чеканка и обкатывание роликами с биением рабочего профиля. Наклонные и клиновидные ролики с биением рабочего профиля имеют увеличенную относительно упрочняемой галтели кривизну в осевом сечении. В результате точечного контакта с деталью эти ролики эффективно деформируют поверхностный слой металла при относительно небольших усилиях обкатывания. Такой же эффект достигается при использовании винтовых роликов для упрочнения конических шестерен конусных дробилок на специально созданном полуавтоматическом станке [Браславский 1975].

На другом специальном станке методом поперечного обкатывания упрочняют цилиндрические шестерни бортовых передач карьерных экскаваторов. Высокая степень деформации зон концентрации у корней зубьев достигается на этом станке за счет малого радиуса кривизны зубьев ролика и динамического приложения нагрузки при контакте ролика с деталью [Браславский 1975].

Качество многих деталей определяется их износостойкостью. Обкатывание роликами влияет на долговечность подвижных соединений деталей, работающих на износ. Это влияние связано с наклепом обкатанных деталей, повышением их твердости в результате пластической деформации и с новым, сглаженным микропрофилем их обкатанной поверхности. Влияние наклепа на стойкость деталей при абразивном износе и благотворное влияние сглаженного микропрофиля на износостойкость доказаны прямыми экспериментами на кантователе опок и на стане холодной прокатки труб [Браславский, Топычканов 1969, Бутаков, Артюх, Анисимов, Удодов 2006].

Обкатывание валов, работающих в подвижном, обильно смазанном контакте с бронзовыми вкладышами, уменьшает износ валов в 3 раза, а износ вкладышей более чем в 10 раз. Эти данные получены при испытаниях на машине МИ образцов, моделирующих контакт вала дробящего конуса с эксцентриком конусной дробилки.

Раскатывание роликами является оптимальным способом чистовой обработки гильз пневмоцилиндров, качество которых определяется стойкостью резиновых уплотнений поршня. Опыты на специальных стендах показали, что в начале работы шлифовальная гильза изнашивает уплотнения в 10 раз интенсивнее, чем раскатанная [Бутаков, Артюх, Анисимов, Удодов 2006].

Тяжелое машиностроение характеризуется широкой номенклатурой деталей, разнообразием размеров и форм обрабатываемых поверхностей, индивидуальным и мелкосерийным типом производства. В этих условиях эксплуатационный эффект обкатывания и степень влияния его на качество деталей часто остаются невыясненными. Обкатывание роликами - высокопроизводительный технологический способ, позволяющий получить заданную чертежом шероховатость поверхности. Кроме того, известно, что технологические возможности чистовой обработки зачастую не могут удовлетворить обоснованным требованиям конструкторов. Внедрение в производство обкатывания роликами позволяет повысить требования к чертежу, приблизить изготавливаемую деталь к конструкторскому идеалу.

В производственной практике обкатывание роликами применяют на токарных, карусельных, расточных, строгальных и фрезерных станках при обработке наружных, внутренних плоских и фасонных поверхностей. В табл. 2 приведены примеры использования чистового обкатывания роликами в заводских условиях. Наряду с шероховатостью поверхности, проставленной на чертежах, указана шероховатость, желательная по условиям эксплуатации, но недостижимая без обкатывания роликами.

Некоторые детали вообще не могут быть изготовлены без обкатывания. Например, после того как литая заготовка корпусов распределителей шихты была заменена сварно-литой, стало практически невозможно чисто обработать на карусельном станке цилиндрическую поверхность. Сварная часть детали представляет собой цилиндр диаметром 2,3 м и высотой 900 мм, свальцованный из стального листа толщиной 30 мм. Продольный сварной шов не позволяет чисто обточить поверхность широким резцом. Применение специальных приспособлений для шлифования также не дает результатов из-за недостаточной жесткости обрабатываемой детали и большой вязкости материала. Шероховатость поверхности, соответствующую параметру $R_a = 1,25$ мкм, получают обкатыванием роликом после сравнительно грубого обтачивания корпусов с шероховатостью $R_z = 40-80$ мкм. Нередко обкатывание заменяет слесарную доводку поверхностей крупных деталей, причем не только механизмуется ручной труд и сокращаются трудозатраты, но сохраняется точность обрабатываемых поверхностей, неизбежно нарушаемая при ручной доводке. Таким способом была решена проблема

чистовой обработки отверстий в станинах прошивного стана трубопрокатного агрегата, фасонного профиля зубчатых валков для прокатки волнистых листов.

Отверстие диаметром 2,3 м и длиной 5,86 м в литой станине пересечено большим количеством пазов, выточек, окон. Это усложняет растачивание. Стойкость резцов недостаточна для получения шероховатости с $R_z = 10-20$ мкм, требуемого чертежом. До введения раскатывания поверхность отверстия доводили слесарным путем, ручными шлифовальными машинками. При этом неизбежно нарушалась точность расточенной поверхности. Применение раскатывания позволило механизировать чистовую операцию, обеспечило шероховатость поверхности с $R_a = 1,25 - 2,5$ мкм и сохранило точность расточенного отверстия.

Введение обкатывания плоскостей на квадратных хвостовиках нажимных винтов прокатных станов на продольно-фрезерных станках взамен слесарной доводки снизило шероховатость поверхности, не нарушая формы призматического тела хвостовиков.

Обкатывание роликами открыло большие возможности чистовой обработки фасонных поверхностей различных типов. Постоянной проблемой в тяжелом машиностроении является чистовая обработка крупных винтовых нарезок на нажимных и ходовых винтах, червяках и других подобных деталях. Эта проблема решена применением специальных устройств для обкатывания крупных резьб самоустанавливающимися игольчатыми роликами, опирающимися на тороконические шайбы. Обкатывание резьб весьма производительное, а главное, оно позволяет получить шероховатость поверхности с $R_a = 0,32 - 0,63$ мкм, что существенно уменьшает износ бронзовых гаек.

На заводах тяжелого машиностроения накоплен опыт обработки поверхностей двойной кривизны. В частности, обкатывание роликом обрабатывают дорожки крупных шарикоподшипников диаметром 3150 мм [Браславский 1975].

Более сложной задачей является чистовая обработка выпукло-вогнутых поверхностей с незамкнутым профилем. Типичным примером является винтовая нарезка канатных барабанов. Трудности возникают из-за связанности относительных перемещений детали и инструмента в круговом и продольном направлениях. Решить задачу удалось, применив обкатывание, при котором игольчатые ролики вращаются от отдельного привода по окружности диаметром, равным удвоенному радиусу кривизны ручья (движение обкатывания), а круговая и осевая подачи инструмента осуществляются медленным вращением детали и согласованным с ней по шагу осевым перемещением суппорта станка. Такой способ обкатывания был применен при изготовлении на карусельных станках канатных барабанов драговых лебедок, имеющих винтовую нарезку ручья с радиусом кривизны 35 мм на диаметре 3,1 м. Обкатыванием успешно обрабатывают детали из различных сталей, чугуна, цветных сплавов. Известен опыт Уралмашзавода по обкатыванию роликами чугунных станин металлорежущих станков [Браславский 1975]. Обкатывание оказалось наилучшим средством обработки медных плит кристаллизаторов для установок непрерывной разливки стали. Обкатываются кристаллизаторы трех типов: плоские, радиальные и волнистые. Для обкатывания плоских медных плит успешно используют устройства с широким самоустанавливающимся роликом, позволяющие работать с подачами 5-10 мм/дв.ход. Волнистый профиль кристаллизаторов строгает под обкатывание специальным устройством с вращающимся резцом. Обкатываются волнистые кристаллизаторы многороликовыми устройствами методом последовательного огибания профиля. Десять роликов, установленных и независимо подпружиненных в общем корпусе устройства, имеют различную форму. Их профиль в осевом сечении образован касательными к профилю детали, а последовательность установки в корпусе позволяет равномерно смещать зону деформации при обработке. Медные плиты кристаллизаторов

относятся к тем деталям, которые практически не могут быть изготовлены без обкатывания роликами.

В условиях индивидуального и мелкосерийного производства широкое и эффективное применение обкатывания роликами требует достаточно надежной методики выбора режима. Задача достаточно сложна, если учесть, что на результат обкатывания влияют восемь основных параметров: материал детали, ее форма, исходная шероховатость обкатываемой поверхности, диаметр и радиус профиля ролика, усилие, подача, число проходов. Последние пять параметров можно варьировать, создавая более или менее выгодные сочетания. Отчасти управляемым параметром является также исходная шероховатость поверхности детали.

При наличии достаточно больших партий деталей в условиях серийного производства режим обкатывания в каждом конкретном случае выбирается опытным путем в результате экспериментальной работы. Очевидно, что в условиях индивидуального производства такой подход непригоден. Необходимо устанавливать связи между указанными параметрами, достаточные для выбора режима обкатывания на стадии проектирования технологического процесса.

Методика выбора оптимального режима обкатывания роликами успешно используется в производстве [Бабей, Бутаков, Сысоев 1995]. Основой оптимизации режима согласно этой методике является выбор усилия обкатывания, достаточного для смятия исходной шероховатости, но еще не вызывающего образования волнистости обкатанной поверхности и шелушения металла поверхностного слоя. Такую методику, разработанную в основном для обкатывания деталей с прямолинейной образующей, успешно применяют и для выбора режима обкатывания фасонных деталей. Это стало возможно на основе приведения кривизны детали и ролика в плоскости осевого сечения ролика. Для поверхностного пластического деформирования (ППД) отверстий и валов применяются планетарные обкатывающие устройства, в которых в качестве деформирующих элементов используются конические или цилиндрические ролики, обеспечивающие получение на поверхности обрабатываемой детали каплевидного отпечатка. При обработке крупных валов в индивидуальном и мелкосерийном производствах на заводах тяжелого машиностроения находят применение устройства с самоустанавливающимися цилиндрическими роликами диаметром 32 мм, которые позволяют снизить шероховатость поверхности с $R_z = 10...20$ мкм до $R_a = 0,16 \div 0,32$ мкм при подачах на оборот детали $s = 6...8$ мм/об [Бабей, Бутаков, Сысоев 1995], но при твердости детали 160HB необходимы усилия до 60 кН.

В связи с расширяющимся применением деталей, наплавленных сталями марок 06X19H9T, 3X13, 20X10Г10Т и т. п. (главным образом в тяжелых гидравлических прессах), возникла необходимость в чистовой обработке ППД наплавленных поверхностей. Обкатывание таких поверхностей обычными торообразными роликами сопровождается образованием волнистости из-за периодической (по шагу наплавки) переменной твердости наплавленного металла (при шаге наплавки 16 мм колебание твердости 170 – 225HV 10). Поэтому для обкатывания подобных деталей в качестве деформирующего элемента применяют бочкообразный ролик диаметром 12,5 мм с радиусом рабочего профиля 600 мм [Бабей, Бутаков, Сысоев 1995]. При таком радиусе контакт ролика с обрабатываемой поверхностью превышает шаг наплавки, а малый диаметр ролика обеспечивает интенсивную деформацию металла, несмотря на уменьшение кривизны ролика в его осевом сечении.

Количество опорных роликов выбирают в зависимости от требуемого усилия обкатывания и диаметра рабочего ролика. Для рабочего ролика диаметром 12,5 мм при усилиях обкатывания до 60 кН принята шестирюликовая схема. Рабочий ролик опирается на два промежуточных ролика, которые в свою очередь лежат на трех опорных роликах, установленных на осях в поворотной головке. В осевом направлении положение рабочего

ролика фиксируют упором, изготовленным из стали ХВГ и закаленным до твердости 60 - 62HRC. Промежуточные и опорные ролики с торцами опираются на упорные шариковые подшипники. Головка крепится к штоку с помощью винтов, позволяющих выверять ее угловое положение для уменьшения осевой составляющей усилия обкатывания на рабочем ролике. Усилие обкатывания создают гидроцилиндром и определяют манометром. Оно передается на ролик через пакет тарельчатых пружин, снижающих жесткость системы.

С помощью устройства обкатывают, например, рабочие поверхности плунжера диаметрами 650 и 1340 мм и длиной более 3000 мм, наплавленные сталью 06X19H9T. Под обкатывание плунжер обтачивают широким резцом с подачей 4 мм/об. Ось рабочего ролика устанавливают горизонтально, для чего ролик головку устройства выверяют маятниковым угломером. При усилии обкатывания 42,5 кН, продольной подаче 3 мм/об и скорости обкатывания 35 м/мин получена шероховатость поверхности $R_a = 0,63$ мкм при

исходной $R_z = 20$ мкм. После обкатывания твердость поверхностного слоя повышается на 10 % по сравнению с исходной и, что особенно существенно, выравнивается; ее колебания в пределах одного шага наплавки, достигавшие 27 %, снижаются до 10 %. Большее увеличение твердости (на 50 - 55 %) достигается при обкатывании плунжеров, наплавленных сталью 20X10Г10Т. В результате обкатывания гидроабразивный износ наплавленных плунжеров уменьшается на 15 - 18 % и заметно повышается их кавитационная стойкость.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

Таблица 1. Деформационное упрочнение крупных деталей

Table 1. Deformation work-hardening of large details

Характеристика упрочняемых деталей		Способ упрочнения	Эффект упрочнения	Способ испытания
Название	Поверхность упрочнения			
1	2	3	4	5
Штоки штамповочных молотов с массой падающих частей 6,5-7 т (сталь 35ХНВ)	Зона запрессовки стебля диаметром 220 мм с коническим концом	Обкатывание роликом с усилием 35 кН	Увеличение долговечности в 2,5 раза	Статистический анализ данных эксплуатации за 3 года
Станинные ролики прокатных станов, центральные цапфы, оси экскаваторов ЭКГ-4,6 и др. (сталь 40, 40Х, 34ХН1М)	Галтели R 8, 10, 15, 20	Обкатывание роликами с биением рабочего профиля при усилиях 5-25 кН	Повышение предела выносливости на 30-50%	Испытания ступенчатых образцов диаметром 180 мм при круговом изгибе

1	2	3	4	5
Сборный коленчатый вал паровой машины мощностью 7350 кВт (сталь 35ХНВ)	Подступичные части диаметром 500 мм шеек, щек перед запрессовкой, галтели R 10 мм	Обкатывание роликом и шариком (галтели) с усилием 60 кН	Ликвидация трещины в галтелях и поворотов шеек в щеках	Наблюдение в процессе эксплуатации в течение 4 лет
Цилиндры тяжелых гидропрессов с рабочим усилием 70 МН (сталь 35НМ)	Галтель R 35 мм и пригальтельные зоны	Чеканка пневматическим ударником с энергией удара 80 Дж	Увеличение долговечности с 250 до 930 тыс. циклов	Наблюдение за эксплуатацией пяти цилиндров прессы
Колонны прессов, валы конусных дробилок крупного дробления (сталь 40, 34ХН1М)	Упорные резьбы с шагами 12-24 мм	Чеканка вибрирующим роликом с энергией удара 32 Дж	Увеличение предела выносливости на 50% при изгибе	Испытания образцов с резьбой УП 215х12 на циклический изгиб в одной плоскости
Валы конусных дробилок крупного дробления (сталь 40, 34ХН1М)	Подступичные части диаметром 400-600 мм	Обкатывание гидроустройством с усилием 70 кН	Увеличение предела выносливости на 50-80% при изгибе	Испытания на круговой изгиб образцов диаметром 180 мм
Бортовые шестерни экскаваторов ЭКГ- 4,6 (сталь 30ХМЛ, 34ХН1М)	Корень зубьев $m = 26$ мм	Поперечное обкатывание на специальном станке с номинальным усилием 13 кН	Увеличение долговечности в 2-4 раза	Испытания натуральных образцов на циклический изгиб при пульсирующей нагрузке
Конические шестерни привода конусных дробилок мелкого и среднего дробления (сталь 34ХН1М)	Корень зубьев $m = 30$ мм	Обкатывание винтовыми роликами на специальном станке с номинальным усилием 7 кН	Увеличение долговечности в 2-10 раз	То же
Полуоси экскаваторов ЭКГ- 5 (сталь 34ХНМ)	Корень шлицов Д10х210х230	Чеканка роликами с энергией удара 18 Дж	Увеличение долговечности в 2 раза	То же

Наклеп поверхностного слоя, полученный при обкатывании роликами способствует (как показали лабораторные исследования) замедлению процесса смятия поверхностного слоя стальных деталей, эксплуатирующихся при больших контактных нагрузках. К таким деталям относятся канатные блоки судоперегрузателей, автокранов, полиспасты мелиоративных машин. Профиль ручья блока для стальных канатов претерпевает существенные отрицательные изменения в процессе эксплуатации. За счет нормальных и касательных напряжений, возникающих в поверхностном слое профиля ручья блока в зоне контакта его с канатом, происходит пластическая деформация. На поверхности ручья возникают изменения профиля глубиной до нескольких миллиметров, что приводит к интенсивному износу стального каната и к появлению вибрации в приводе каната.

Таблица 2. Чистовое обкатывание крупных деталей роликами
Table 2. Clean rolling-off of large details by rollers

Характеристика обрабатываемых деталей				Способ обработки и шероховатость поверхности до внедрения обкатывания	Чистовая обработка после внедрения обкатывания			
Название	Обрабатываемая поверхность	Шероховатость, R_a		Способ чистовой обработки	Достижимая шероховатость, R_a , мкм	Способ предварительной обработки	Шероховатость, R_a , мкм под обкатывание	Шероховатость, R_a , мкм после обкатывания
		желательная по условиям эксплуатации	требуемая чертежом					
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Роторы (сталь 34ХН1)	Шейки диаметром 600 мм. Бочка диаметром 1700 мм, $L = 6000$ мм	1,25	2,5	Полирование абразивной шкуркой после обтачивания	2,5	Обтачивание	12,5	1,25
Штанги прессов (сталь 50)	Вал диаметром 1000 мм, $L = 5800$ мм	0,63	2,5	То же	2,5	То же	12,5-6,3	0,63
То же	Резьба УП 80х64 $L = 2100$ мм	0,63	2,5	Полирование абразивной шкуркой	2,5	То же	6,3	0,63

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Винты нажимные прокатных станов (34-ХН1М)	Плоскости квадратного хвостовика 300×300×2380 мм ²	1,25	2,5	Слесарная доводка	2,5	Фрезерование	12,5	1,25
Корпуса распределителей шихты (сталь М, Ст. 3)	Наружная цилиндрическая поверхность диаметром 2380 мм, $L = 900$ мм (продольный сварочный шов)	1,25	2,5	Шлифование на карусельном станке с последующим полированием	Задир, следы вибрации	То же	50	1,25
Корпус конусов конусных дробилок (сталь 35Л)	Сфера $R = 1100$ мм, диаметром 1340 мм	1,25	1,25	Обтачивание пластинами радиусного профиля с последующим полированием	2,5 (задиры)	по Обтачивание по копиру	6,3	1,25
Раструбы кристаллизаторов для полунепрерывной отливки труб (сталь Ст.3)	Внутренняя поверхность с профилем переменной кривизны	1,25	1,25	Не обрабатывались		То же	6,3	1,25
Канатные барабаны драговых лебедок (сталь 35Л)	Винтовой ручей $R = 35$ мм на диаметре 3100 мм, $L = 2710$ мм	2,5	6,3	Обтачивание широким резцом	12,5 (следы вибрации)	Обтачивание	12,5	1,25
Вкладыши подшипников	Отверстие диаметром 140, $L = 150$ мм	1,25	1,25	Растачивание	6,3	То же	6,3	1,25

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Стани- ны прошив- ных станов трубо- прокат- ных аг- регатов (сталь 35Л)	Отверстие диаметром 2300 мм, $L = 5860$ мм	2,5	6,3	Слесарная доводка после расточивания	6,3 (нарушение формы)	Растачивание	50	2,5
Втулки шатун буровых насосов (бронза ОС-8- 12)	Отверстие диаметром 160 мм, $L = 180$ мм	0,63	2,5	Шабрение	6,3	То же	12,5	0,63
Направ- ляющие метало- режу- щих станков (чугун)	Плоскости (300-500) $\times (10000-17000)$ мм ²	1,25	1,25	Шабрение	1,25	Стро- гание	6,3	1,25
Стенки криста- ллизато- ров плоско- го и волнис- того профиля (медь МЗ, HV 60)	Плоскость 1200×800 мм ² или волнистая поверхность с шагом волн 10 мм и высотой 3 мм	0,63	2,5	Не обрабатывались		То же	6,3	0,63
Рабочий профиль канат- ных блоков судо- пере- грузате- лей	Две конические поверхности под углом 20° относи- тельно перпендику- ляра к оси вращения де- тали с галтельным переходом	0,63	2,5	Точение на карусельном станке с программ- ным управлением	2,5	Точение на карусельном на станке	2,5	0,63

ВЫВОДЫ

Для обкатывания ручья блока разработаны способ и устройство с клиновым роликом. Обкатывание всего профиля осуществляется на карусельном станке за одну установку ролика в ручье, в процессе только вращения детали. Боковые поверхности клинового ролика образуют на поверхности ручья синусоидальные следы шириной 3-4 мм, которые, сдвигаясь в направлении вращения детали, постепенно покрывают всю поверхность ручья. Усилие на ролике величиной до 20 кН создается цилиндрической пружиной. Механизм подачи бокового суппорта разгружается с помощью закрепления его на направляющих станка винтовыми зажимами. Глубина наклепа поверхностного слоя составляет 5 - 6 мм, степень наклепа – до 50%. Однако обкатывание роликом профиля канатного блока, изготовленного из стали 35Л, несмотря на значительный наклеп, не привело к заметному повышению долговечности блока, так как кроме смятия профиля блока наблюдается срезание поверхностного слоя блока отдельными проволочками каната. Замена марки стали блока на сталь 45Л и применение закалки блока в масло с последующим обкатыванием его ручья роликом позволили повысить твердость поверхностного слоя ручья до $HV\ 400$, что привело к повышению долговечности блоков в два-три раза [Бутаков 2007].

ЛИТЕРАТУРА

- Бабей Ю.И., Бутаков Б.И., Сысоев В.Г.: 1995: Поверхностное упрочнение металлов. Наукова думка, 256 с.
- Браславский В.М.: 1975: Технология обкатки крупных деталей роликами. Машиностроение, 160 с.
- Браславский В.М., Топычканов В.В.: 1969: Обкатка деталей роликами как средство повышения износостойкости. - В кн.: Производство крупных машин, Выпуск XIX. Машиностроение, 56 - 60.
- Бутаков Б.И., Артюх В.А., Анисимов О.А., Удодов А.Т.: 2006: Повышение долговечности изделий с помощью поверхностного пластического деформирования. Тяжелое машиностроение 9, 26 - 32.
- Бутаков Б.И.: 2007: Исследование и разработка способа обкатывания роликами стальных деталей с целью повышения их контактной прочности. – В кн.: Констрування, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – Випуск 37. КНТУ, 63 – 74.
- Кудрявцев И.В.: 1951: Внутренние напряжения как резерв прочности в машиностроении. Машгиз, 278 с.

ROLLING-OFF AS METHOD OF UPGRADING DETAILS OF MACHINES AND PRODUCTIVITY OF TREATMENT ROLLERS

Sammary. The analysis of the method of superficial plastic deformation by rolling off the steel details with the purpose of increasing their wear proof qualities, fatigue resistance and treatment productivity has been made.

Keywords: rolling-off, mikroprofil, roughness of surface, rollers.

Reviewer: Timoshevskiy B.G., Prof. Sc. D. Eng.