

Обкатывание роликами сложных поверхностей

В статье описаны способы чистового обкатывания роликами сложных поверхностей (крупных трапецидальных и упорных резьб, архимедовых и глобоидных червяков, радиусных круговых и винтовых канавок, ручьев шкивов клиноременных передач, волнистых медных плит кристаллизаторов, эвольвентного профиля зубчатых колес).

поверхностное пластическое деформирование, шероховатость поверхности, волнистость поверхности, сложные поверхности

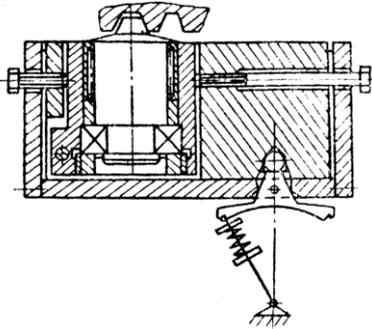
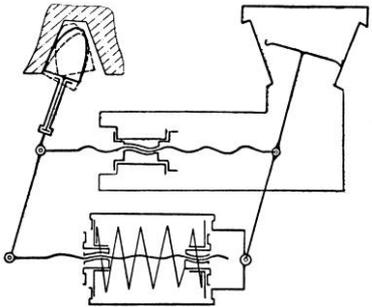
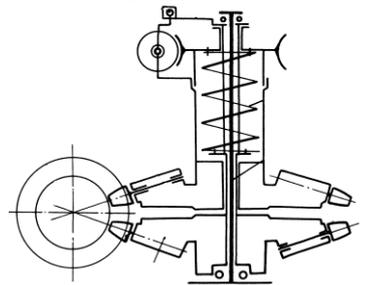
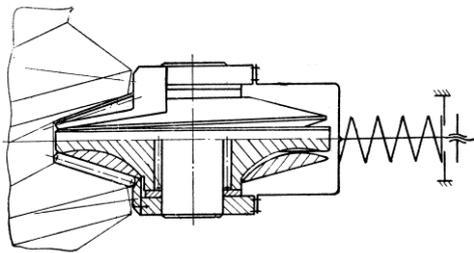
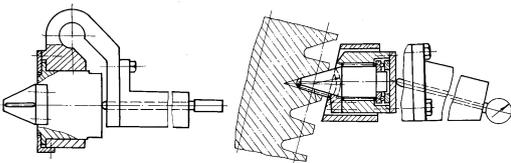
Наиболее ответственными узлами механизмов сельскохозяйственных машин и другого промышленного оборудования являются сложные поверхности: винтовые поверхности, эвольвентные поверхности зубьев зубчатых колес, боковые поверхности канавок под уплотнения, рабочие поверхности ручьев шкивов клиноременных передач, поверхности волнистых кристаллизаторов и другие. В настоящее время проблема повышения долговечности сложных поверхностей, работающих в условиях абразивного износа и большой запыленности остается весьма острой.

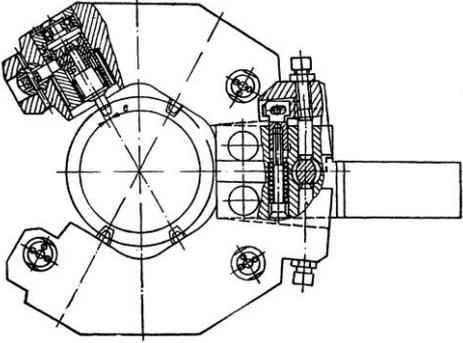
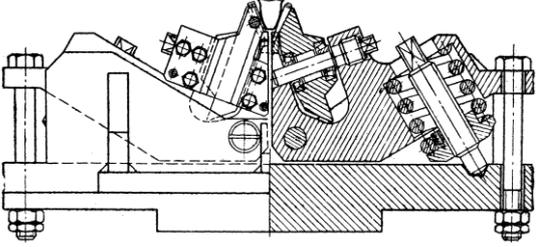
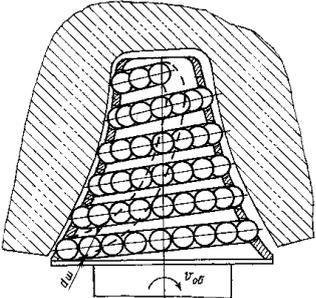
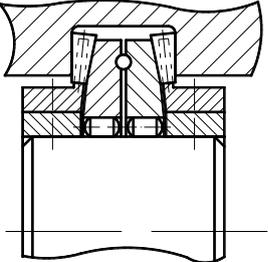
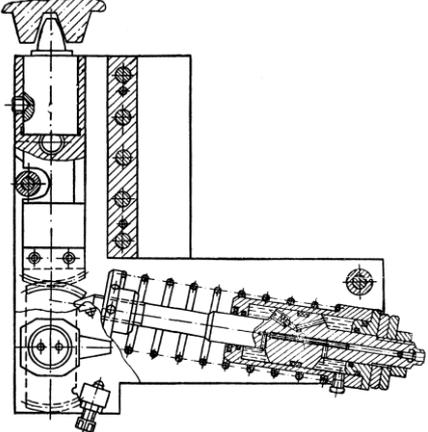
В значительной мере проблема повышения износостойкости винтовых пар и зубчатых передач может быть решена за счет повышения качества поверхности винтов и червяков. Большая глубина профиля резьб и червяков при сравнительно незначительной ширине его впадины создает трудности при чистовом нарезании их по всей глубине профиля. Низкая виброустойчивость системы станок - резец - деталь не позволяет получить требуемую шероховатость поверхности, соответствующую параметру $R_a = 0,16 \div 0,25$ мкм по ГОСТ 2789-73. Чаще всего достигается шероховатость с параметром $R_z = 10 \div 40$ мкм.

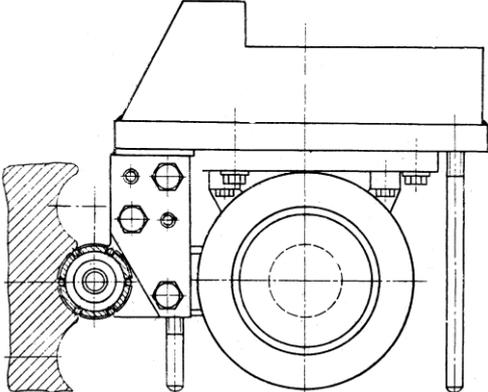
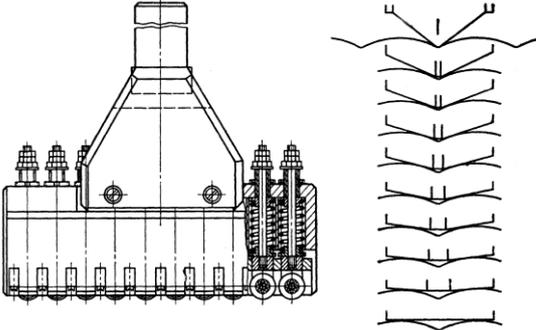
Для получения требуемой чертежом шероховатости винтовой поверхности резьбы и червяки подвергаются поверхностному пластическому деформированию с помощью накатывания или обкатывания роликами. Резьбы метрические и трапецидальные с шагом не более 8 мм и червяки с модулем $m < 3$ мм накатываются роликами, имеющими профиль накатываемой резьбы [1], без предварительного нарезания их резцами.

Для обработки после предварительного нарезания резцом более крупных резьб, но с небольшой по отношению к ширине впадины глубиной профиля с шагом $P = 8 \div 16$ мм и червяков с модулем $m = 3 \div 5$ мм в целях обеспечения интенсивной деформации металла поверхностного слоя при сравнительно небольших усилиях обкатывания ($5 \div 6$ кН), допустимых на средних металлорежущих станках, применен способ обкатывания огибанием [2,3] коническим консольным роликом (табл. 1, способ 1). Наличие прямолинейной образующей у ролика и возможности изменения углового положения оси ролика на величину угла огибания в пределах $\pm 30'$ позволяют, например, при обработке ходовых винтов из стали 40 с трапецидальной резьбой 150x16 с усилием 5,5 кН при скорости вращения винта 35 м/мин (скорость обкатывания) за пять-шесть проходов по одной стороне витка при исходной шероховатости, соответствующей параметру $R_z = 10 \div 40$ мкм, получить поверхность с шероховатостью $R_a = 0,32 \div 0,63$ мкм. При обкатывании трапецидальных резьб с шагом $P > 16$ мм, червяков с модулем $m > 6$ мм и упорных резьб ($P > 10$ мм) с большей относительной глубиной впадины ролики с прямолинейной образующей применять нельзя из-за недостаточной

Таблица 1 – Способы обкатывания роликами сложных поверхностей

№ п.п	Наименование обкатываемой поверхности	Способ обкатывания	Принципиальная схема
1	2	3	4
1.	Резьбы трапецеидальные с шагом $P = 8 \div 16$ мм, червяки с модулем $m = 3 \div 5$ мм	Обкатывание огибанием коническим роликом А.с. 218683, (СССР)	 A cross-sectional diagram showing a grinding wheel on the left and a workpiece on the right. A conical roller is positioned between them, supported by a spring mechanism. The roller is in contact with the workpiece's thread profile.
2.	Резьбы трапецеидальные с шагом $P=8 \div 16$ мм, червяки с модулем $m = 6 \div 30$ мм, с углом подъема линии витка $\gamma > 10^\circ$	Обкатывание огибанием роликом криволинейного профиля А.с. 218683, 274617, (СССР)	 A cross-sectional diagram showing a grinding wheel on the left and a workpiece on the right. A roller with a curved profile is positioned between them, supported by a spring mechanism. The roller is in contact with the workpiece's thread profile.
3.	Резьбы трапецеидальные с шагом $P=8 \div 16$ мм, червяки с $m = 6 \div 30$ мм (при большой партии деталей)	Обкатывание огибанием многороликовым устройством А.с. 218683, 264180, (СССР)	 A cross-sectional diagram showing a grinding wheel on the left and a workpiece on the right. A multi-roller device is positioned between them, supported by a spring mechanism. The device consists of several rollers in contact with the workpiece's thread profile.
4.	Резьбы Трапецеидальные и упорные с шагом $P=36 \div 64$ мм, червяки архимедовы и глобоидные с $m = 8 \div 30$ мм, при $\gamma < 10^\circ$	Обкатывание самоустанавливающимися игольчатыми роликами А.с. 204311, (СССР)	 A cross-sectional diagram showing a grinding wheel on the left and a workpiece on the right. A self-aligning needle roller is positioned between them, supported by a spring mechanism. The roller is in contact with the workpiece's thread profile.
5.	Резьбы упорные (ГОСТ 10177-82) $P=30 \div 48$ мм, Диаметр $d = 40 \div 670$ мм	Обкатывание самоустанавливающимися игольчатым роликом А.с. 353779, (СССР)	 A cross-sectional diagram showing a grinding wheel on the left and a workpiece on the right. A self-aligning needle roller is positioned between them, supported by a spring mechanism. The roller is in contact with the workpiece's thread profile.

1	2	3	4
6.	Резьбы трапецеидальные с шагом $P=8 \div 16$ мм при большой партии деталей	Обкатывание огибанием роликами криволинейного профиля А.с. 218683, 1031719, (СССР)	
7.	Зубчатые колеса с модулем 12 мм и более	Обкатывание огибанием роликами криволинейного профиля А.с. 218683, 278454, (СССР)	
8.	Зубчатые колеса и рейки с модулем $m=10$ мм и более, резьбы трапецеидальные с шагом $P=32$ мм и более	Обкатывание шариками для создания регулярного микрорельефа А.с. 1588474, (СССР)	
9.	Боковые поверхности канавок для торцевых уплотнений	Обкатывание самоустанавливающимися коническими роликами. Патент 1838079, (СССР)	
10.	Боковые поверхности шкивов клиноременных передач	Обкатывание огибанием роликами криволинейного профиля А.с. 218683, (СССР)	

1	2	3	4
11.	Криволинейные винтовые ручки канатных барабанов	Обкатывание игольчатыми роликами А.с. 206619, (СССР)	
12.	Волнистые плиты медных кристаллизаторов установок непрерывной разливки сталей	Обкатывание огибанием роликами криволинейного профиля А.с. 206618, 218683, (СССР)	

надежности работы механизма подачи станка и самого ролика вследствие быстрого возрастания усилия обкатывания. В этот случае применяют менее производительный способ обкатывания огибанием роликом криволинейного профиля (см. табл. 1, способ 2). Применение ролика с выпуклым профилем позволяет уменьшить длину контакта ролика с деталью, при этом для обработки поверхности витка резьбы требуется значительное число проходов (от 10 до 30, в зависимости от глубины профиля резьбы). Подача по профилю резьбы обеспечивается изменением углового положения ролика при повороте шарнирного параллелограмма за счет подачи верхних салазок суппорта станка перед каждым проходом ролика. Шероховатость поверхности после обкатывания соответствует параметру $R_a = 0,16 \div 0,63$ мкм, скорость обкатывания составляет $35 \div 40$ м/мин.

В целях повышения производительности обработки трапецеидальных резьб с симметричным профилем ($P = 20 \div 40$ мм) и червяков $m = 6 \div 30$ мм применяют более производительное многороликовое устройство [4] (табл.1, способ 3). Деформирующий элемент - инструмент многороликового устройства, выполнен в виде двух зубчатых дисков, зубья которых представляют собой свободно вращающиеся пальцевые ролики. Нижний диск через втулку соединен с нижним торцом пружины, верхний - через червячную передачу и регулировочный упор - с верхним ее торцом. При настройке устройства ролики, принадлежащие разным дискам, вводятся в соседние впадины профиля обкатываемой резьбы. При вращении червяка пружина закручивается на расчетный угол для создания оптимального усилия обкатывания. При вращении детали в центрах токарного станка ролики катятся по поверхности витков резьбы и вращают диски. Однако при неподвижном суппорте станка, на котором закреплено устройство, деформация поверхности витка каждым роликом ограничивается лишь одним и тем же спиральным следом. Для обкатывания всей поверхности суппорту сообщают продольную подачу.

При обкатывании винтов большого диаметра, имеющих малый угол подъема линии витка, оси роликов должны быть расположены в плоскостях, параллельных осевому сечению детали. В этом случае при расчете профиля роликов и режимов обработки применяют зависимости для реечного зацепления [1]. При обработке резьб малого диаметра и соответственно с большими углами подъема линии витка оси роликов пересекаются в центре поперечного сечения обкатываемой детали. В этом случае профиль роликов и режимы обработки рассчитывают по специальной методике, с использованием теорий червячного зацепления [1].

Из-за большой сложности, следовательно, высокой стоимости такое устройство целесообразно применять только при обработке больших партий деталей. При этом обеспечивается высокая стойкость обкатывающих роликов, благодаря тому, что в работе находится одновременно лишь одна их пара и обеспечивается равномерная загрузка различных участков их профиля.

Наиболее высокопроизводительным из представленных в табл. 1 устройств является устройство, где в качестве деформирующих элементов применены самоустанавливающиеся игольчатые ролики малого диаметра, опирающиеся на тороконические шайбы (способ 4) [2]. За два-три повторных прохода при скорости обкатывания 5 м/мин обрабатывается резьба по всей глубине профиля. При этом получается поверхность витка с шероховатостью, соответствующей параметру $R_a = 0,08 \div 0,32$ мкм.

Однако роликовый узел такого устройства может быть вписан в профиль впадины резьбы только при значительной ширине впадины, что ограничивает область его применения (см. табл. 1). Игольчатые ролики указанного выше устройства устанавливают в открытые со стороны дна впадины резьбы сепараторы и во избежание смещения их в направлении дна впадины, что может нарушить процесс обкатывания, плоскость этих роликов приходится смещать относительно осевого сечения детали на некоторую величину, позволяющую создавать составляющую усилия, поджимающую ролики к корпусу приспособления. Такое смещение, также как и разворот плоскости роликов на угол, близкий к углу подъема линии витка (γ), приводит к появлению положительной или отрицательной кривизны профиля резьбы. Однако при больших углах подъема линии витка необходимость деформирования его поверхности по всей глубине профиля приводит при трех проходах к появлению перенаклепа поверхностного слоя и шелушению. С помощью физического моделирования обкатывания винтовых поверхностей определены оптимальные усилия обкатывания резьб и червяков и показано, что цилиндрическими роликам можно обкатывать практически все резьбы с углом подъема γ не более 10° [1,2]. Резьбы и червяки с большими углами подъема можно обкатывать способом огибания. Однако такое ограничение устанавливается только для червяков, так как резьбы с углами подъема $\gamma > 10^\circ$ в промышленности практически не применяются.

Для обработки стандартных упорных резьб с шагом $P = 20 \div 32$ мм, имеющих ширину впадины, равную толщине витка резьбы, но при этом и значительную глубину профиля, обкатывание описанным устройством неприменимо, так как невозможно вписать двухроликковый узел во впадину резьбы. В этом случае, когда более высокие требования по шероховатости поверхности предъявляются в основном к упорной стороне профиля резьбы, рекомендуется устройство для обкатывания самоустанавливающимся игольчатым роликом, диаметральный размер которого вместе с коническим пальцем, на который он опирается, равны ширине впадины резьбы (см. табл. 1, способ 5) [5].

Методики определения режимов обкатывания самоустанавливающимися игольчатыми роликами резьб и архимедовых червяков и конструкции устройств

описаны в работах [1,2].

Трапецеидальные резьбы с шагом 10 - 20 мм и диаметром до 300 мм в крупносерийном производстве за один проход можно обкатывать с помощью устройства, показанного в табл.1, способ 6 [6]. Консольные ролики установлены симметрично на подшипниках в эксцентричных отверстиях втулок с эксцентриситетом e и смещены относительно друг друга. Втулки смонтированы на подшипниках качения в рычагах разъемной обоймы. Рычаги зафиксированы на осях кулачком через штоки, и стянуты между собой пружиной через шпильку, ползун и штифт. К втулкам, для создания необходимого усилия на роликах закреплены рычаги, соединенные через штифты с силовым механизмом, включающим тяги и пружины, установленные в стакан и упирающиеся в гайки. При этом каждые два ролика, расположенные в одном сечении, поджаты к различным сторонам профиля резьбы для уравнивания усилия пружины в рычагах.

Устройство устанавливается в суппорте токарного станка и работает следующим образом. Поворотом кулачка на 90^0 малая ось его поперечного сечения совмещается с осью штоков. При этом нижний рычаг за счет собственного веса, а верхний рычаг за счет усилия пружины разводятся на угол, достаточный для того, чтобы расстояние между торцами передних роликов превысило наружный диаметр обкатываемой детали. Перемещением суппорта станка устройство устанавливается в рабочее положение относительно обрабатываемой детали. Поворотом кулачка осуществляется касание роликов с винтовой поверхностью с некоторым натягом, предварительно выставленных относительно обкатываемого профиля. Втулки с роликами поворачиваются усилием контакта ролика с деталью. При этом рычаги, поворачиваясь вместе с втулками через штифты и тяги, сжимают пружины и образуют зазоры между стаканами и гайками. Усилия пружин прикладываются к роликам. При вращении обкатываемой детали устройство перемещается вместе с суппортом станка на величину шага винтовой поверхности за каждый оборот детали. Все ролики одновременно обкатываются по винтовой поверхности, деформируя ее по всей глубине профиля. Оптимальное усилие обкатывания на каждом ролике обеспечивается регулировкой пружин с учетом кривизны ролика и винтовой поверхности в точке их контакта.

Для чистовой обработки эвольвентной поверхности зубьев крупномодульных шестерен модулем 12 мм с числом зубьев $Z = 26$ создано устройство, позволяющее обкатывать зубья роликами на зубодолбежных станках (Способ 7, табл.1) [1]. Два конических ролика малого диаметра образуют собой впадину зубодолбежной рейки и поджимаются к обрабатываемому колесу пакетом тарельчатых пружин. Обкатывание каждого зуба завершается (как и чистовое нарезание) за 50 дв. ходов ползуна. Обкатанные зубья имели шероховатость $R_a = 0,16...0,32$ мкм при наличии отдельных рисок глубиной до 0,015 мм в местах особенно грубых зарезов. Для зубчатых колес модулем более 12 мм создание устройства подобного типа упрощается, что обусловлено увеличением размеров впадины между зубьями.

Для получения регулярного микрорельефа на рабочих поверхностях зубчатых колес, реек, винтов разработано устройство для обкатывания шариками [7], показанное в табл. 1, способ 8. Деформирующий инструмент выполнен в виде пальцевой фрезы с рабочим участком, на наружной поверхности которого созданы винтовые канавки полукруглого профиля. В канавке установлены плотно друг к другу шарики одного диаметра ($d_{ш}$) и удерживаются в ней с помощью сепаратора, закрепленного к корпусу. Винтовая канавка замыкается каналом, в котором плотно друг к другу установлены шарики. Деформирующий инструмент устанавливается хвостовиком в шпиндель металлообрабатывающего станка. Винтовая канавка образована с шагом $P = (1,3 - 1,5)d_{ш}$. Устройство поджимается к обрабатываемой детали. При вращении шпинделя

металлообрабатывающего станка деформирующий инструмент вращается со скоростью $V_{об}$. При этом шарики, часть которых в любой момент поджата к обрабатываемой поверхности детали, прокатываются между поверхностями детали и канавки и образуют на обкатываемой поверхности регулярный микрорельеф. Отработанные шарики возвращаются в исходный виток канавки через возвратный канал. Регулирование параметров микрорельефа на обкатанной поверхности осуществляется варьированием подачи обкатывания на каждый оборот инструмента, подбором диаметра шариков и шага винтовой канавки.

Для обкатывания боковых поверхностей канавок для торцевых уплотнений коническими роликами малого диаметра разработано устройство, показанное в табл. 1, способ 9. [8]. Устройство состоит из корпуса, в расточку которого запрессована ось. На оси установлены на отдельных игольчатых подшипниках, две шайбы. В тороидальные канавки шайб помещены шарики. К корпусу винтами закреплены сепараторы, в пазах которых установлены деформирующие ролики малого диаметра.

Вместе с суппортом станка устройство вводится роликами в канавку и поджимается с необходимым усилием. При вращении детали правый и левый ролики вращаются с разными окружными скоростями. Обе опорные шайбы, вращаясь с разными скоростями, прокатываются друг относительно друга за счет свободного прокатывания шариков между ними. Равномерность прилегания роликов к боковым поверхностям канавки обеспечивается за счет разворота шайб относительно шариков. После осуществления трех-четырех оборотов детали боковые стенки канавки будут профдеформированы по всей глубине профиля.

Обкатывание по способу огибания консольным роликом применяется при чистовой обработке боковых стенок ручьев шкивов клиноременных передач [9]. Анализ эксплуатации клиноременных передач в период приработки поверхности боковых стенок ручьев шкивов при исходной шероховатости их поверхности, соответствующей параметру $R_z = 20-40$ мкм, показывает, что в это время имеет место интенсивный износ поверхности ремней и рабочей поверхности шкивов. По окончании стадии приработки шероховатость поверхности ручьев соответствует параметру $R_a = 0,16 - 0,32$ мкм. Такую шероховатость поверхности на боковых стенках ручьев не удастся получить при обработке полировочными резцами на токарных и карусельных станках из-за низкой виброустойчивости системы станок-инструмент-деталь.

С целью уменьшения износа ремней и поверхности ручьев шкивов в процессе эксплуатации за счет снижения шероховатости и создания наклепа рабочего поверхностного слоя при чистовой обработке боковых стенок ручьев на шкивах применен процесс обкатывания огибанием роликами [9]. Ручьи с шагом 28,6 мм и глубиной 25,4 мм обкатывались консольным роликом по способу огибания с помощью устройства, показанного в табл.1, способ 10. Консольный ролик установлен в подшипники рычага, поворачивающегося на оси относительно корпуса. Нижний конец рычага посредством зубчатого зацепления соединен с сектором, к которому с помощью шлицевого валика присоединен кулачок, крайние положения которого определяются упорными винтами. С одним из концов сектора шарнирно связан поршень, вставленный в расточку цилиндра. Усилие на поршне создается посредством пружины и регулируется гайкой. В теле поршня имеется клапан и калиброванное отверстие, площадь сечения которого регулируется запорным штоком. Обкатывающий ролик подводится к обрабатываемой поверхности детали и поджимается к ней под действием пружины через поршень, сектор и рычаг. При вращении детали корпусу устройства вместе с суппортом станка задается движение подачи вдоль оси детали справа налево при обкатывании правой стороны ручья, и слева направо – при обкатывании левой стороны. За счет поворота рычага образующая ролика огибает профиль обкатываемой

детали, осуществляется подача обкатывания. При повороте рычага сектор, находящийся в зацеплении с рычагом, поворачивается и постепенно сжимая пружину, перемещает поршень относительно цилиндра. Жидкость, залитая в цилиндр, переливается через клапан справа налево и позволяет рычагу свободно отклоняться в процессе обкатывания, а при отводе ролика от детали препятствует быстрому возврату рычага в исходное положение. Рычаг медленно поворачивается по мере перетекания жидкости из левой полости в правую через калибровочное отверстие. Для обкатывания левой стороны профиля ручья поршень перебрасывается в нижнюю выемку сектора. Подача суппорта станка при обкатывании шкивов составляет 1 мм/об. детали, что при профильном радиусе ролика $r_p = 160$ мм соответствует подаче ролика по образующей ручья 2,1 мм/об. Скорость обкатывания составляет 50 м/мин. Оптимальное усилие на ролике, выбираемое в связи с переменным диаметром ролика при твердости материала детали 140HV в соответствии с [1], изменяется в процессе огибания профиля ручья от 3 до 7 кН. Шероховатость поверхности перед обкатыванием соответствует параметру $R_z = 20$ мкм, после обкатывания – параметру $R_a = 0,16 - 0,32$ мкм.

Ручей канатного барабана представляет собой резьбу вогнутого кругового профиля. Поверхность ручьев крупных барабанов обрабатывают с шероховатостью $R_z = 10 \div 40$ мкм. Получение требуемого качества поверхности нередко затруднено, особенно на карусельных станках, в связи с возникновением вибраций при нарезании ручьев резцами кругового профиля. В табл.1, способ 11, показано устройство, позволяющее обкатывать как кольцевые, так и винтовые поверхности кругового профиля [10]. Рабочими роликами в нем служат игольчатые ролики диаметром 5 мм, опирающиеся на цилиндрический валик, приводимый во вращение электродвигателем ($N=1,5$ кВт; $n = 1400$ об/мин). Устройство закрепляется в резцедержателе карусельного станка, вводится роликами в ручей и подается с шагом нарезки ручья на каждый оборот детали. Вращение детали с частотой 0,37 об/мин при этом играет роль движения круговой подачи, составляющей 0,8 мм на один ролик за каждый оборот сепаратора. Обкатывание выполняется за три продольных прохода, причем перед каждым проходом устройство смещается вдоль оси детали на 0,5 мм для создания необходимого натяга. Шероховатость обкатанной поверхности соответствует параметру $R_a = 0,16 \div 0,32$ мкм.

Волнистый профиль кристаллизаторов, способствующий равномерному охлаждению при усадке слитка, применяется на установках непрерывной разливки стали вертикального типа. Профиль строгают вращающимся резцом методом огибания. Шероховатость поверхности после строгания соответствует параметру $R_z = 10 \div 40$ мкм. Поэтому кристаллизатор подвергают обкатыванию с помощью десятироликового устройства [11], показанного в табл.1, способ 12. Комплект роликов, последовательно прокатывающихся по каждому шагу волнообразной поверхности за один двойной ход стола, огибают профиль в пределах одного шага. Ролики имеют коническую форму с прямолинейной образующей; их используют для обкатывания волн с круговым профилем постоянной кривизны. Для обкатывания более сложных волнистых профилей применяют ролики с небольшой отрицательной кривизной. После обкатывания шероховатость волнистой поверхности медных кристаллизаторов соответствует параметру $R_a = 0,08 \div 0,32$ мкм. Внедрение способов обкатывания сложных поверхностей в производство позволило существенно повысить надежность оборудования и приносит значительный экономический эффект [1, 12].

Список литературы

1. Бабей Ю.И., Бутаков Б.И., Сысоев В.Г. Поверхностное упрочнение металлов – Киев: Наук. думка, 1995 - 256 с.

2. Бутаков Б.И. Способы обкатывания роликами винтов и червяков с крупным шагом в тяжелом машиностроении // Вестник машиностроения – 1985 - № 3 – С. 44-50.
3. Бутаков Б.И. Обкатка крупных резьб методом огибания роликами // Технология, организация и механизация механосборочных работ – 1973 - № 12 – 73 – 3 - С. 1 - 5.
4. Бутаков Б.И. Многороликовое устройство для обкатки резьб // Там же – С. 5 - 8.
5. Бутаков Б.И. обкатывание роликами стандартных упорных резьб // Тр. ВНИИМЕТМАШа – 1978 - № 66 - У2. - С. 82 - 90.
6. А.С. 1031719 СССР, В24В 39/00. Устройство для обкатывания винтовых поверхностей // Бутаков Б.И. – Оpubл. 30.07.83 – Бюл. № 28.
7. А.С. 1588474 СССР, В21 Н 5/02; В24В39/04. Устройство для обкатывания поверхностей деталей // Бутаков Б.И., Маршалюк Ю.З. – Оpubл. 30.08.90 – Бюл. №32.
8. Патент 1838079 СССР, В24В 39/00. Устройство для обкатывания боковых поверхностей канавок // Бутаков Б.И. – Оpubл. 30.08.93 – Бюл. № 32.
9. Бутаков Б.И. Обкатывание роликами шкивов клиноременных передач // Станки и инструмент – 1983 - № 2 - С. 28.
10. Браcлавский В.М. Технология обкатки крупных деталей роликами. - М. машиностроение, 1975. – 160 с.
11. Браcлавский В.М., Топычканов В.В., Бутаков Б.И. Технология обработки медных плит кристаллизаторов // Вестник машиностроения. – 1980 - № 9. - С. 58 - 59.
12. Семибратов В.П., Топычканов В.В., Бутаков Б.И. Экономическая эффективность обработки крупных деталей машин поверхностным пластическим деформированием // Вестник машиностроения – 1971 - № 12. - С. 71 - 73.

У статті описані способи обкатування роликами складних поверхонь. Надані ефективні конструктивні схеми пристроїв. Приведені області раціонального застосування способів для обкатування роликами гвинтів і черв'яків, зубчастих коліс, канавок різного профілю, струмків канатних барабанів, бічних поверхонь шківів клиноремінних передач, хвилястих плит кристалізаторів.

In the article the methods of obkativaniya by the rollers of difficult surfaces are described. The effective structural charts of devices are given. The rational application domains of methods for obkativaniya by the rollers of screws and worms, gear-wheels are resulted, ditches of a different type, brooks of rope drums, lateral surfaces of pulleys of klinoremennih transmissions, wavy flags of kristallizatorov.

Получено 10.08.05