

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ
УКРАЇНИ**

Кіровоградський національний технічний університет

Тези

**доповідей студентів, магістрантів, аспірантів та викладачів
на V-й Всеукраїнській науково-практичній конференції
"Підвищення надійності машин і обладнання"
6-8 квітня 2011 року**

Кіровоград 2011

<i>А.С. Слонь, Б.И. Бутаков</i> <i>УПРОЧНЕНИЕ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС ОБКАТЫВАНИЕМ ИХ РОЛИКАМИ</i>	98
<i>О.В. Тхорук, Б.И. Бутаков</i> <i>РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБКАТЫВАНИЯ РОЛИКАМИ НАПЛАВЛЕННЫХ ВАЛОВ</i>	102
<i>А.Н. Визиренко, Л.Л. Слива, А.В. Зубехина, Б.И. Бутаков</i> <i>ОБКАТЫВАНИЕ СТАЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ РОЛИКАМИ МАЛОГО ДИАМЕТРА</i>	105
<i>О.Ф. Донець, О.О. Смирнов, Д.Д. Марченко, М.С. Гріпачевський</i> <i>ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ ВУЗЛІВ ГІДРОСИСТЕМИ ТРАКТОРІВ</i>	III
<i>СЮ. Козьмин, Б.И. Бутаков</i> <i>РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ УПРОЧНЯЮЩЕГО ОБКАТЫВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ ВРАЩЕНИЯ</i>	117
<i>И.А. Молдован, Б.И. Бутаков</i> <i>ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБКАТЫВАНИЯ ОГИБНИМ РОЛИКАМИ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ И КОНИЧЕСКИХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС</i>	125
<i>Ю.В. Пинов, Б.И. Бутаков</i> <i>РАЗРАБОТКА СПОСОБА ОБКАТЫВАНИЯ РОЛИКАМИ С ИСКЛЮЧЕНИЕМ ВОЛНИСТОСТИ НА ОБКАТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ</i>	130
<i>В.Ю. Рижова, В.В. Кичан, В.В. Панфілов, М.С. Гріпачевський</i> <i>ВПЛИВ ЯКОСТІ ОЧИСТКИ МАСЛА НА МОТОРЕСУРС ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ</i>	132
<i>И. С. Сокол, Б.И. Бутаков</i> <i>ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ОБКАТЫВАНИЯ ДЕТАЛЕЙ С КОНЦЕНТРАТОРАМИ НАПРЯЖЕНИЙ</i>	135
<i>А.Ф. Сухий, Б.І. Бутаков</i> <i>ЗМІЦНЕННЯ ВЕЛИКИХ РІЗЬБОВИХ ДЕТАЛЕЙ ОБКАТКОЮ ВІБРУЮЧИМ РОЛИКОМ</i>	137
<i>Е.И. Юдов, В.А. Артюх, Б.И. Бутаков</i> <i>ОБКАТЫВАНИЕ РОЛИКАМИ И ШАРИКАМИ ЗАКАЛЕННЫХ СТАЛЕЙ</i>	139

Обкатывание стальных деталей роликами малого диаметра

А.Н. Визиренко, ст. гр. М5,

Л.Л. Слива, ст. гр. М5,

А.В. Зубехина, ассист.,

Б.И. Бутаков, проф., д-р техн. наук

Николаевский государственный аграрный университет

Производительность процесса обкатывания при ограничении скорости обкатывания можно повысить за счет увеличения подачи ролика. Подача и количество продольных проходов ролика кругового профиля при обкатывании определяются (табл. 1) в зависимости от профильного радиуса ролика, требуемой и исходной шероховатости поверхности и количества роликов в устройстве [1]. Как видно из таблицы, ограничение усилия обкатывания углом вдавливания в плоскости подачи ролика $\varphi_a = 2,5^\circ$ позволяет снизить шероховатость по параметру R_a с 10,0 до 1,25; 5,0—0,63 и 2,5—0,32 мкм. Дальнейшее повышение усилия обкатывания в случае применения традиционных устройств, в которых роликовый узел установлен на опорах скольжения, приводит к появлению волнистости на обкатанной поверхности.

В этом случае увеличение профильного радиуса ролика — один из путей повышения производительности обкатывания. Однако увеличение радиуса влечет за собой рост рабочего усилия. Увеличить степень пластической деформации при малых значениях φ_a , что предотвращает появление волнистости, можно за счет уменьшения диаметра ролика. При уменьшении диаметра ролика уменьшается размер B отпечатка, иначе говоря, при данном допускаемом усилии обкатывания с уменьшением диаметра ролика может увеличиваться его профильный радиус, а следовательно, возрастет подача, и, тем самым, повышится производительность. Так, если у ролика с профильным радиусом 160 мм уменьшить диаметр до 50 мм, то рабочее усилие с 50,0 кН можно снизить до 40,0 кН, а если применить ролик диаметром 25 мм, тот же эффект будет получен при усилнии 30,0 кН, т. е. обкатывание можно выполнить более легким устройством на станке меньших размеров. Если же станок, на котором выполняется обкатывание, позволяет использовать рабочее усилие 50,0 кН, то профильный радиус ролика может быть увеличен с 160 до 250 мм, соответственно увеличится подача с 2,25 до 3,2 мм/об (см. табл. 1). Обычно применяемые для чистового обкатывания ролики кругового профиля имеют отношение радиусов кривизны осевого и поперечного сечения в диапазоне 2—0,5. Отпечатки этих роликов на цилиндрических деталях имеют форму эллипсов с отношением осей с $B/a = 0,45... 2,5$. Для ролика диаметром 12,5 мм с профильным радиусом 100 мм это отношение составляет 16, а для такого же ролика с радиусом 600 мм — 96. Отпечатки роликов представляют собой вытянутые в направлении подачи эллипсы с $B/a = 0,25...0,05$. В табл. 2 приведены размеры отпечатков трех роликов, полученные при разных усилиях вдавливания [1]. Условия деформации поверхностного слоя детали под такими роликами сильно отличаются от условий обычного обкатывания. По мере увеличения профильного радиуса и уменьшения диаметра ролика точечный исходный контакт с деталью все более приближается к линейному. Поэтому естественным развитием формы таких роликов являются цилиндрические ролики малого диаметра с прямолинейной образующей, имеющей скругления лишь у торцов. Преимущество роликов с цилиндрическим рабочим участком — независимость длины их контакта с деталью и угла вдавливания

от профильного радиуса. В табл. 2 приведены размеры отпечатков бочкообразных роликов и роликов прямолинейного профиля диаметрами 80, 32, 12,5 и 5 мм.

Таблица 1 - Подача при обкатывании стальных деталей роликами кругового профиля, 5 мм/об.

Профильный или приведенный радиус ролика (r_p), мм	Требуемая R_a , мкм						
	1,25		0,63		0,32		
	Исходная R_a , мкм						
	10,0	5,0	2,5	5,0	2,5	2,5	1,25
5	0,07	0,15	0,3	0,07	0,15	0,07	0,15
6,3	0,09	0,18	0,36	0,09	0,18	0,09	0,17
8	0,12	0,23	0,46	0,12	0,23	0,12	0,19
10	0,15	0,29	0,56	0,15	0,29	0,15	0,21
12,5	0,18	0,37	0,64	0,18	0,34	0,18	0,24
16	0,23	0,47	0,72	0,23	0,39	0,23	0,27
20	0,29	0,58	0,80	0,29	0,42	0,29	0,30
25	0,37	0,83	0,88	0,37	0,48	0,35	0,35
32	0,47	0,94	1,00	0,47	0,54	0,39	0,39
40	0,58	1,12	1,12	0,58	0,60	0,43	0,43
50	0,74	1,24	1,24	0,66	0,66	0,48	0,48
63	0,92	1,40	1,40	0,72	0,72	0,54	0,54
80	1,17	1,60	1,60	0,84	0,84	0,60	0,60
100	1,45	1,80	1,80	0,96	0,96	0,66	0,66
125	1,8	2,0	2,0	1,05	1,05	0,75	0,75
160	2,25	2,25	2,25	1,23	1,23	0,85	0,85
200	2,55	2,55	2,55	1,35	1,35	0,95	0,95
250	2,9	2,9	2,9	1,55	1,55	1,1	1,1
320	3,2	3,2	3,2	1,7	1,7	1,2	1,2
400	3,6	3,6	3,6	1,9	1,9	1,4	1,4
500	4,0	4,0	4,0	2,2	2,2	1,55	1,55
630	4,6	4,6	4,6	2,4	2,4	1,7	1,7

Полученный отпечаток цилиндрического ролика диаметром 12,5 мм близок по размерам длины и ширины к размерам эллиптического отпечатка ролика такого же диаметра, но имеющего круговой профиль с радиусом 600 мм. Для чистовой обработки использование роликов прямолинейного профиля предпочтительнее, так как они позволяют задавать произвольную длину отпечатка, в то время как у роликов кругового профиля размер отпечатка зависит от угла вдавливания ролика. С целью определения возможностей интенсификации процесса пластической деформации поверхностного слоя за счет применения в качестве деформирующих элементов роликов малого диаметра исследовались шероховатость поверхности валов, обкатанных цилиндрическими роликами диаметрами 3, 4, 5, 12,5 32, 80, 125 мм.

Обкатывание проводили устройствами двух типов, одно из них представлено на рис. 1, где показана конструкция гидравлического устройства для обкатывания валов самоустанавливающимися роликами. Ролик может поворачиваться вокруг оси, проходящей перпендикулярно линии его контакта с обкатываемой деталью. Под действием рабочего усилия в случае наличия перекоса возникает момент,

поворачивающий ролик до восстановления его контакта с деталью по всей длине цилиндрического участка.

Таблица 2 — Размеры отпечатков роликов кругового и прямолинейного профиля при обработке стали 40

<i>HВ</i>	<i>D</i> , мм	<i>D_p</i> , мм	<i>ε_p</i> , мм	<i>P</i> ,кН	<i>2a</i> , мм	<i>2b</i> мм	<i>b/a</i>
160	210	12,5	100	45,5	11	3	0,27
				13,5	8	1,5	0,19
		12,5	250	47,6	15	3	0,2
				34,0	13	2,5	0,192
				18,2	25	1,8	0,18
		12,5	600	47,6	21	2	0,08
				34,0	16	1,6	0,076
				18,2	28	1,2	0,075
185	220	80		61,0	27,3	4,7	0,168
				52,0	26,9	4,0	0,146
				42,0	25,8	3,8	0,142
				32,0	27,7	3,5	0,136
		32		61,0	27,2	3,5	0,126
				52,0	25	3,2	0,118
				42,0	26,6	2,8	0,105
				32,0	23	2,6	0,104
		12,5		50,0	25	2,0	0,087
		5		50,0	13	1,2	0,048

Корпус несет пиноль 5. В вилке пиноли на цапфах устанавливается головка 2 с рабочим 1 и опорными 3 роликами. Рабочее усилие обкатывания обеспечивается гидравлическим силовым цилиндром 7, давление в котором создается винтом 8. Усилие регулируется в пределах до 60,0 кН и контролируется манометром 9 и передается на пиноль через пакет тарельчатых пружин 6. Пружины служат для стабилизации усилия в процессе обкатывания. Устройство крепится в резцедержателе станка кронштейном 4. Закрепленное на станке устройство без дополнительной выверки подводится и поджимается к обрабатываемой поверхности. Оно снабжено сменными головками, позволяющими использовать ролики как большого (80,125 мм), так и малого (12,5 и 5 мм) диаметров, одна из которых показана на рис 2. Ролики еще меньших диаметров можно применять в самоустанавливающейся роликовой головке с помощью устройства, цилиндрическая пружина которого регулируется в пределах 17,0 кН. Так, с помощью первого из описанных устройств можно обкатывать валы из стали 40 диаметров 220 мм на токарном станке с высотой центров 500 мм. Предварительно поверхность протачивают с подачами 0,3 и 0,7 мм/об, а потом обкатывают за 1,4 и 16 проходов ролика (оборотов вала) без продольной подачи.

Для второго устройства подходят станки типа 1 К62. Ими с проходами 1, 4, 8 и 16 можно обкатывать валы диаметром 80 мм, обточенных с подачами 0,26 и 0,43 мм/об. Шероховатость поверхности удобно измерять с помощью двойного микроскопа МИС-11 или профилометра ПЧ-2.

На рис. 3, а показаны зависимости шероховатости обкатанных поверхностей от погонного усилия обкатывания (усилие, отнесенное к длине пятна контакта ролика на детали). Для каждого диаметра ролика построены три зависимости после одного,

четырёх и шестнадцати проходов. По мере уменьшения диаметров роликов при прочих равных условиях шероховатость уменьшается, приближаясь к шероховатости самих роликов. Рост погонного усилия лишь до некоторого предела способствует снижению шероховатости обкатанной поверхности. При обкатывании роликов диаметром 5 мм после 16 проходов с погонным усилием 1,20 кН/мм наблюдается шелушение поверхности (рис. 3, б). Очевидно, и для больших диаметров существуют такие критические погонные усилия, превышение которых ведет к разрушению поверхностного слоя детали.

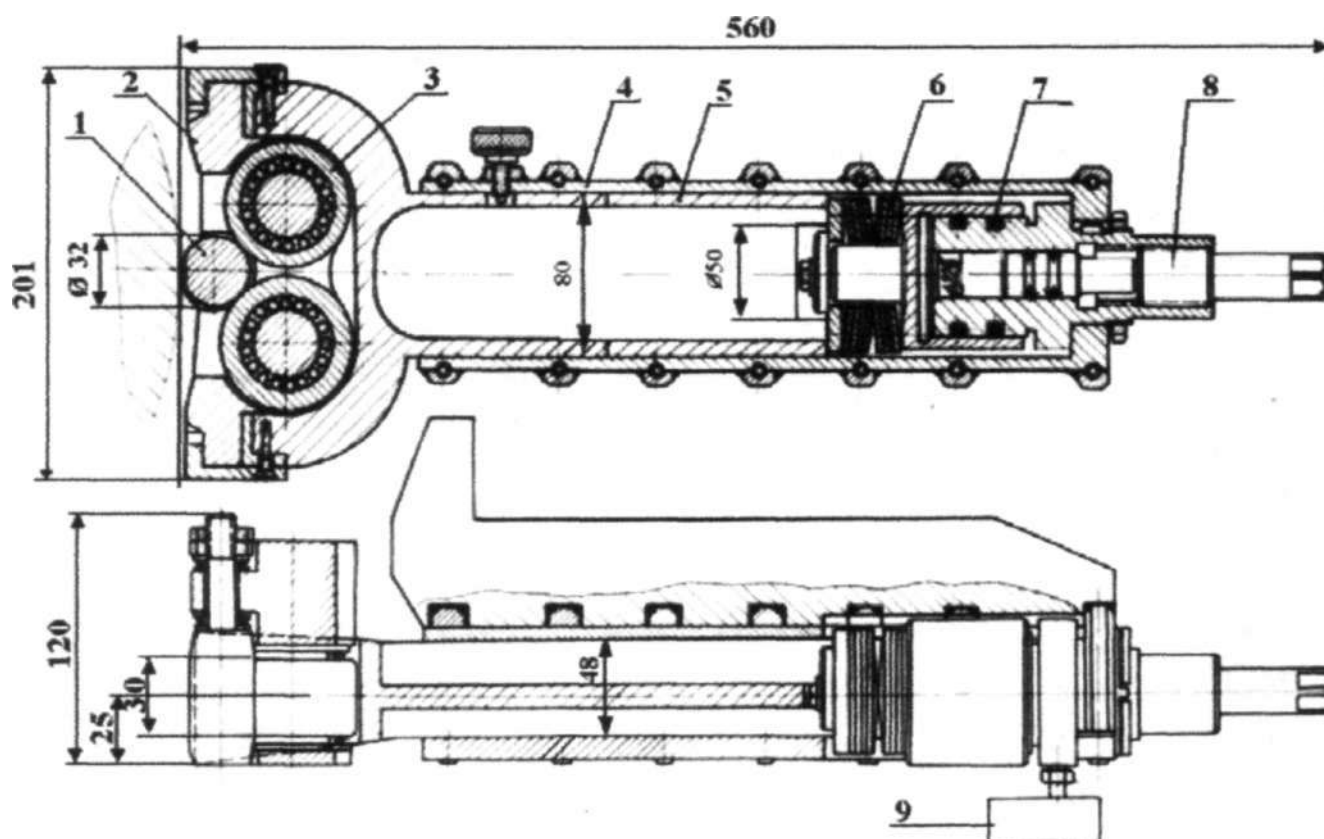


Рисунок 1 - Устройство для обкатывания валов самоустанавливающимся цилиндрическим роликом диаметром 32 мм

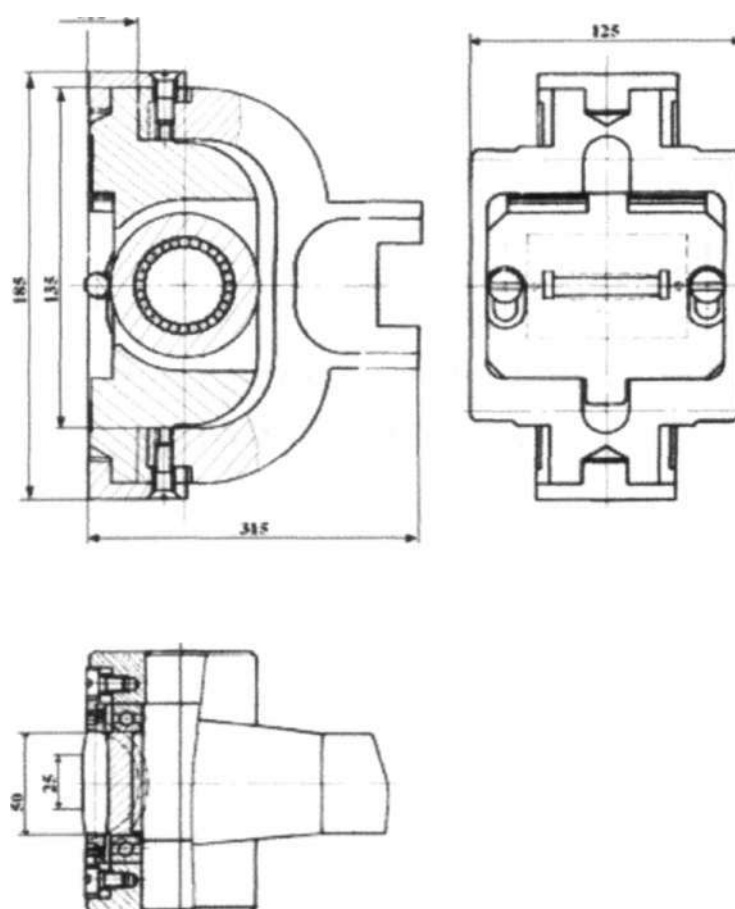


Рисунок 2 - Сменная головка с роликами диаметрами 5 и 12,5 мм

Полагая, что оптимальное рабочее усилие в случае обкатывания валов должно обеспечивать снижение шероховатости поверхности до $R_a = 0,63... 1,25$ мкм, по данным

проведенных опытов построены зависимости погонного усилия обкатывания от диаметра рабочего ролика (рис. 4). На этом рисунке указаны усилия, позволяющие получить шероховатость поверхности с $R_a = 0,6... 1,25$ мкм за 1, 4 и 16 приведенных проходов.

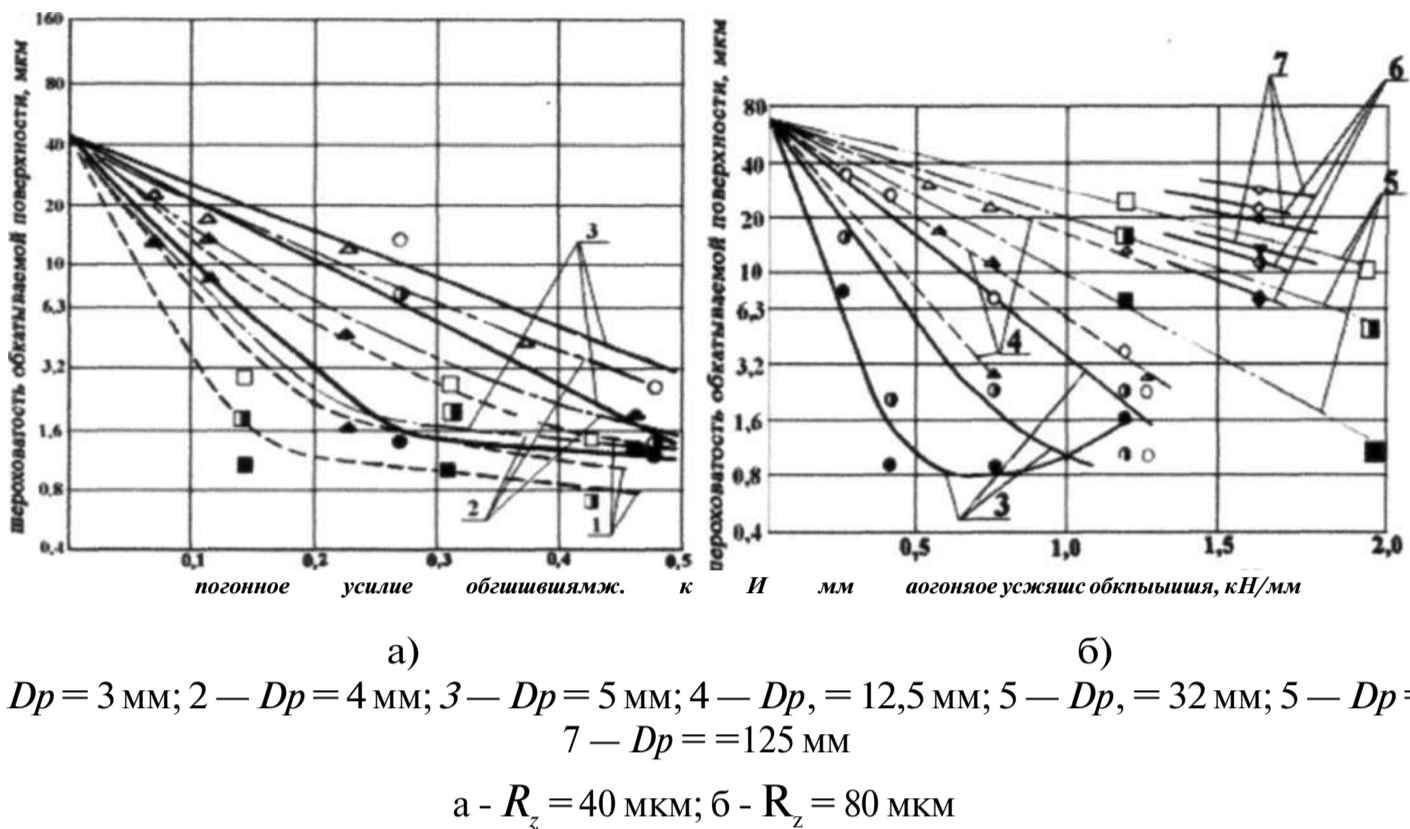


Рисунок 3 - Зависимости шероховатости обкатанной поверхности от погонного усилия обкатывания цилиндрическими роликами

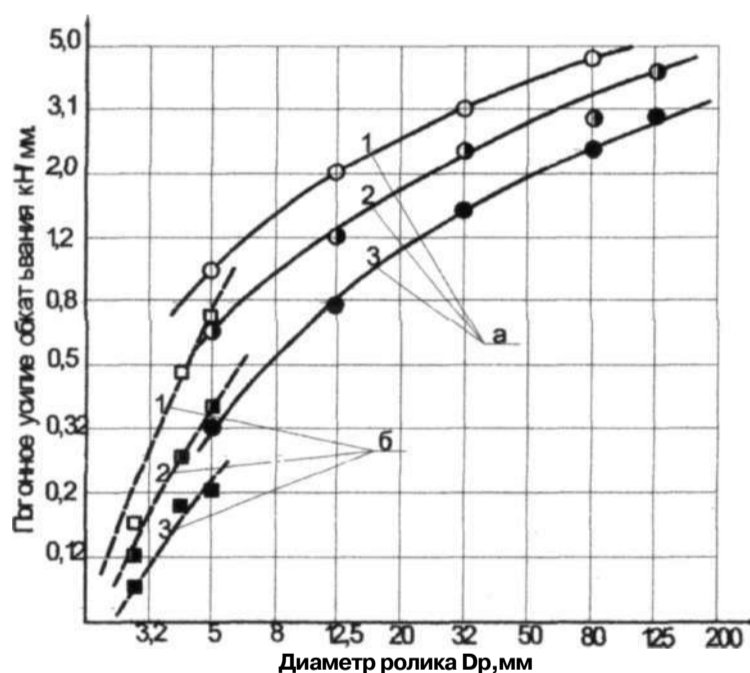


Рисунок 4 - Зависимость погонного усилия обкатывания стальных деталей от диаметра цилиндрического ролика

Под приведенным числом проходов понимается отношение ширины контакта ролика с деталью к величине продольной подачи ролика. Погонное усилие обкатывания изменяется пропорционально приведенной кривизне контакта ролика с деталью в плоскости обкатывания. При обкатывании роликами малого диаметра, когда приведенная кривизна определяется в основном кривизной ролика, погонное усилие пропорционально диаметру ролика. Ролики малого диаметра с прямолинейным профилем, скругленным у торцов радиусами 30—50 мм, позволяют применять увеличенные продольные подачи, достигающие 6—16 мм на оборот детали. Игольчатыми самоустанавливающимися роликами успешно обкатываются винтовые

поверхности архимедовых и глобоидных червяков с модулями $m = 8-30$ мм, углами подъема линии витка $\gamma < 10^\circ$ и упорные резьбы с шагом 24-64 мм [1,2]. Например, винт электропушки с шагом резьбы 40 мм, изготовленный из стали 40, подвергся термообработке до твердости 217-255 *HV*. Нажимные винты с шагами 24 и 32 мм изготавливались из улучшенной стали 34ХН1М твердостью 286-321 *HV*. Резьба перед обкатыванием нарезалась твердосплавными резцами. Шероховатость поверхности резьбы перед обкатыванием соответствовала $R_z = 20...40$ мкм. Обкатывание, вместо полирования шкурками в течение 6 часов, проводилось с погонным усилием на игольчатом ролике 1,40; 1,68; 1,59 кН/мм соответственно для резьб с шагами 24, 32, 40 мм при скорости 3 м/мин за три прохода. В результате обкатывания получена интенсивная деформация поверхности упорной стороны витка по всей глубине профиля резьбы. Шероховатость обкатанной поверхности - $R_a = 0,32$ мкм. Твердость металла в поверхностном слое резьбы, имеющего сорбитную структуру, повысилась на 18-20 %. Это позволило снять закалку с резьбового участка винтов токами высокой частоты, в результате которой винты изгибало, что дополнительно усиливало износ гаек во время эксплуатации. Подвергались обкатыванию игольчатыми самоустанавливающимися роликами во всей глубине профиля резьбы нажимные винты прокатных станков с шагом нарезки 48 и 64 мм, с расширенной впадиной резьбы [2].

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.