

Рис. 6. Осевое смещение пиноли с центром при вращении детали

контакт по постоянным точкам на центровом отверстии.

Для того чтобы показать прецессию детали при обработке в центрах, измеряли радиусы детали в двух плоскостях: вертикальной (измерительное устройство располагали сверху детали) и горизонтальной (устройство располагали со стороны шлифовального круга и с противоположной стороны). Деталь после обработки оставалась в центрах станка. Измерения радиуса детали в разных плоскостях показали различные результаты. Отклонение радиуса со стороны шлифовального круга (рис. 5, а) не превышало 5 мкм, а в вертикальной плоскости (рис. 5, в) и с противоположной стороны шлифовального круга (рис. 5, б) отклонения составили соответственно 28 и 22 мкм.

При вращении детали в центрах станка зафиксировано осевое смещение подвижного центра, которое составило  $L = 63$  мкм (рис. 6). Результаты измерений показали различное биение одной обработанной поверхности в зависимости от положения линии измерения. Значительную разницу биений можно объяснить только прецессией оси вращения детали. Повторные измерения (см. рис. 5, штриховые линии) подтвердили колебания значений радиуса, которые в некоторых случаях достигали 46 мкм. Разницу показаний можно объяснить отличием перекосов центров станка и прибора.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Ломов С. М., Ломова О. С. Расчет и проектирование технологических приспособлений и контрольно-измерительных систем. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2008. 108 с.
2. Ломова О. С., Макаренко В. В., Ломов С. М. Обеспечение точности размеров формы прецизионных деталей при круглом шлифовании в центрах // Технология машиностроения. 2007. № 2. С. 14–16.
3. Исследование влияния видов контактирования конусных поверхностей центрового отверстия и центра станка на образование отклонения формы при шлифовании. Омск: Изд-во ОмПИ, 1982. С. 35–38.

УДК 621.785.5:621.981.635

А. В. ДОБРОХОТОВ, С. П. АНАНЬЕВ, А. П. ВАСИЛЬЕВ  
(ОАО "НПК Уралвагонзавод", г. Нижний Тагил), e-mail: web@uvz.ru

## Влияние технологии упрочнения на стойкость накатных роликов

Приведены результаты испытаний накатных роликов из стали Р6М5 с износостойким тонкопленочным покрытием, полученным плазменной и химико-термической обработкой.

**Ключевые слова:** ролики, покрытие, плазменная обработка, карбонитрация, торсион, упрочнение.

The test results of rolling rolls of steel Р6М5 with wear-resistant thin film coatings, produced by plasma and chemical-thermal treatment, are presented.

**Keywords:** rollers, coating, plasma treatment, carbonitration, torsion, hardening.

Одним из методов повышения работоспособности деталей машин является поверхностное пластическое деформирование (ППД) [1], которое обеспечивает уплотнение поверхностного слоя. При этом повышается твердость и улучшается показатель шероховатости обрабатываемой поверхности, создаются поверхностные напряжения сжатия, повышается предел выносливости детали.

Как правило, ППД осуществляется накатными роликами, стойкость которых во многом зависит от твердости обрабатываемых поверхностей, с увеличением которой срок службы роликов уменьшается. Повышение долговечности роликов, используемых для накатки высокопрочных сталей, сегодня является актуальной задачей.

Торсионные валы из легированной конструкционной стали

подвергают циклической термической обработке, обеспечивающей твердость  $HRC \geq 50$ . Их шлицевые концы дополнительно обрабатывают накатными роликами. Быстрое изнашивание накатных роликов связано не только с высокой твердостью обрабатываемых деталей, но и с тем, что заход роликов на шлицы сопровождается динамической нагрузкой, т. е. ударом.

Для повышения прочности торсионных валов корректировали температуру отпуска после их закалки, в результате стойкость накатных роликов снизилась на порядок. Это стало основанием для поиска специальных технологий упрочнения.

#### Выбор технологии упрочнения

Базовые ролики изготавливали из быстрорежущей стали Р6М5 со стандартной термической обработкой, обеспечивающей твер-

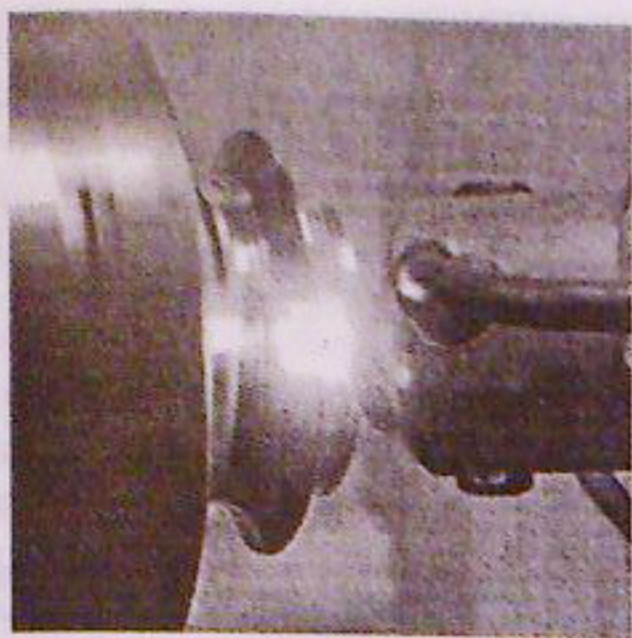


Рис. 1

дость 60...62 HRC. Первый способ повышения стойкости роликов заключался в применении других марок быстрорежущих сталей и поиске режима термообработки для получения более высокой твердости. Однако это не дало ощутимых результатов. Поэтому дальнейшие исследования были связаны с нанесением на поверхность роликов износостойких покрытий.

В 80-х годах XX в. ленинградскими учеными была разработана технология осаждения паров кремнийорганической жидкости на воздухе с помощью плазменной дуги косвенного действия [2], в результате чего на поверхности формируется тонкопленочное (1÷3 мкм) покрытие, которое повышает твердость тем больше, чем выше твердость основы, на которую оно наносится:

Микротвердость основы, МПа ...	432	481	512	701	855
Микротвердость покрытия, МПа ...	432	505	565	892	1066

Испытания инструментов из быстрорежущих марок сталей показали, что после упрочнения плазменными тонкопленочными покрытиями их стойкость возрастает в 3÷7 раз [3]. Это стало убедительным доводом для опробования плазменных тонкопленочных покрытий на накатных роликах. Нанесение покрытий на ролики (рис. 1) осуществляется на установке финишного плазменного упрочнения (ФПУ), раз-

работанной на НПФ "Плазма-центр" (г. Санкт-Петербург).

Карбонитрация, как и технология нанесения плазменных кремнийорганических покрытий на воздухе, была разработана в Советском Союзе в 70-х годах [4] и в настоящее время за границей известна как "тенифер-процесс" [5]. Карбонитрация, несмотря на схожесть с более известными технологиями (цианирование, азотирование и нитроцементация), имеет ряд достоинств. Низкая температура (570 °С) при данной обработке и формирование слоя твердого карбонитрида железа, снижающего коэффициент трения и повышающего коррозионно- и износостойкость стали, обусловили использование данного способа для накатных роликов. Карбонитрирование накатных роликов осуществлялось в ООО "Композит" (г. Нижний Тагил).

В 50-х годах прошлого века советскими учеными был открыт эффект "безызносности" или явление "избирательного массопереноса" [6], которое заключалось в том, что на трущиеся поверхности из смазочного материала осаждаются вещества, защищающие их от интенсивного изнашивания. В настоящее время имеется

широкий выбор смазочных материалов с добавками, инициирующими процессы избирательного массопереноса с эффектом "безызносности". Для исследований выбрали смазочный материал фирмы "Вагнер".

### Эксперименты и результаты

Сначала испытывали ролики, прошедшие длительную карбонитрацию, в ходе эксперимента очень быстро произошел скол рабочей кромки (рис. 2, таблица). Поэтому при следующих испытаниях продолжительность карбонитрации сократили. При этом для плавного вхождения роликов в шлицы на ≈25 % уменьшили скорость накатки, а для лучшего их скольжения при накатке на поверхность шлицов нанесли смазочный материал фирмы "Вагнер" с микрокерамической добавкой. В результате стойкость роликов повысилась до требуемого уровня.

Для того чтобы выяснить роль смазочного материала в достигнутом эффекте последующие испытания карбонитрированных роликов проводили без нее. Результат оказался тот же. Таким образом было установлено, что карбонит-



Рис. 2

Результаты упрочняющих обработок накатных роликов

Упрочняющая обработка	Относительная стойкость, %	Состояние роликов после испытаний
Термообработка	10	Снятие кромки
Термообработка с последующим осаждением кремнийорганического покрытия	80	Волнистость кромок
Термообработка с последующим длительным карбонитрированием	10	Скол кромки
Термообработка с последующим кратковременным карбонитрированием	100	Небольшое смятие с мелким выкрашиванием
Термообработка с последующим кратковременным карбонитрированием и применением смазочного материала	100	Небольшое смятие с мелким выкрашиванием

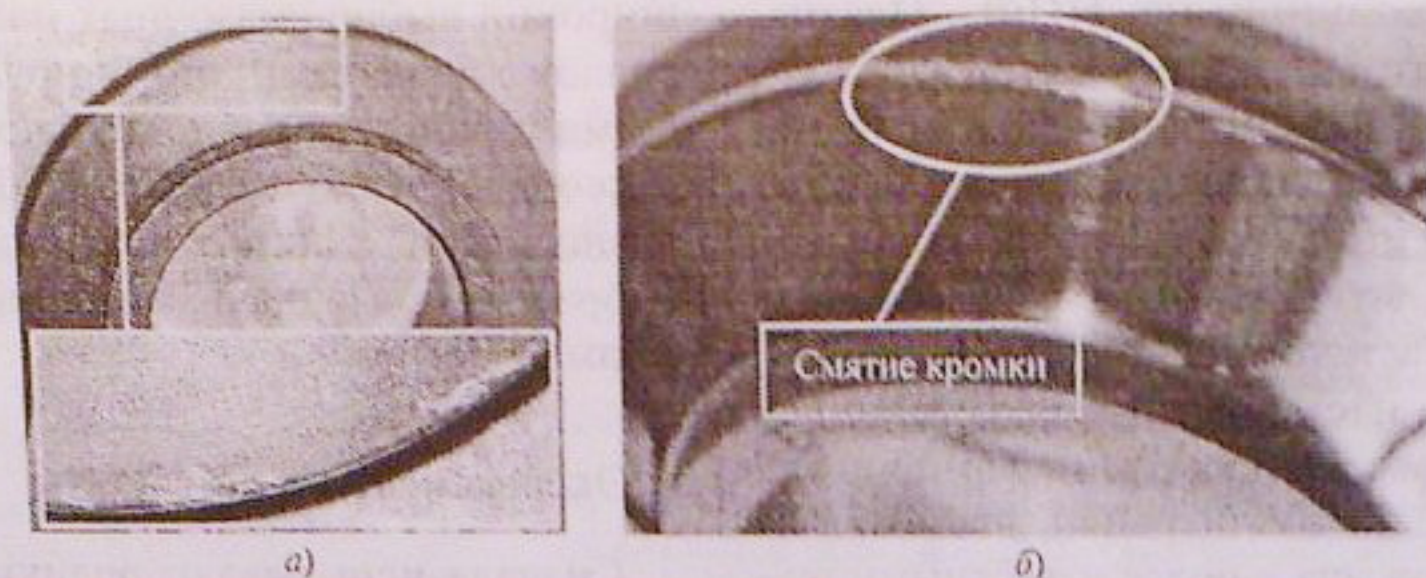


Рис. 3

рация обеспечивает повышение стойкости накатных роликов.

На роликах с тонкопленочным плазменным покрытием уже в начале испытаний было обнаружено смятие кромки с образованием небольшой волнистости (рис. 3, а и б), однако это не отразилось на качестве накатки. Исследование роликов после наработки в 80 % от требуемой показало, что полученные дефекты можно определить только органолептическим методом, визуально их обнаружить нельзя. На качество накатки дефекты не влияли.

Таким образом установлено, что стойкость накатных роликов существенно зависит от исходной твердости обрабатываемой стали. Даже небольшое снижение тем-

пературы низкого отпуска и в результате этого незначительное увеличение твердости торсионов на порядок снизили стойкость накатных роликов из быстрорежущей стали.

Применение иных марок и видов термообработки быстрорежущей стали при изготовлении накатных роликов не дало повышения стойкости до требуемого уровня. Достичь желаемого результата позволила дополнительная карбонитрация роликов, изготовленных из быстрорежущей стали и термически обработанных по стандартной технологии.

Одновременное применение карбонитрации и триботехнического смазочного материала не повышает стойкость роликов по

сравнению с применением только карбонитрации. Использование плазменного тонкопленочного покрытия для повышения стойкости накатных роликов равноценно карбонитрации.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЕ ССЫЛКИ

1. Папшев Д. Д. Отделочно-упрочняющая обработка поверхностным пластическим деформированием. М.: Машиностроение, 1975. 152 с.
2. Тополянский Г. Л., Соснин Н. А. Нанесение износостойких покрытий с использованием установки для плазменной сварки УПС-301 // Сварочное производство. 1989. № 5. С. 30—31.
3. Коротков В. А., Бердников А. А., Толстов И. А. Восстановление и упрочнение деталей и инструмента плазменными технологиями. Челябинск: Металл, 1993. 144 с.
4. Соснин Н. А., Ермаков С. А., Тополянский П. А. Плазменные технологии. Руководство для инженеров. СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2008. 406 с.
5. Гаркунов Д. Н., Мельников Э. Л., Гаврилюк В. С. Триботехника. М.: МГТУ им. Баумана, 2008. 308 с.
6. Химико-термическая обработка металлов и сплавов: Справочник / Под ред. Л. С. Ляховича. М.: Металлургия, 1981. 337 с.

УДК 669.14:621.785.52

И. Н. РОСЛЯКОВ, канд. техн. наук (Курский ИГМС),  
Л. И. РОСЛЯКОВА, канд. физ.-мат. наук (Курский ГТУ),  
Д. В. КОЛМЫКОВ, канд. техн. наук (Курская СХА),  
e-mail: svesla@Kursknet.ru

## Термодинамические особенности влияния кислорода на активность углеродно-карбонатных покрытий при цементации

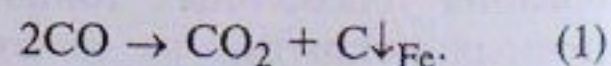
Приведены термодинамические расчеты, показывающие активизирующую роль кислорода в пастообразных сажевых карбюризаторах при науглероживании стальных деталей.

**Ключевые слова:** термоциклирование, нитроцементация, карбюризатор, диффузионный слой.

The thermodynamic calculations are presented, showing the catalytic role of oxygen in the paste-like soot carbonizers at carburization of steel details.

**Keywords:** thermal cycling, carbonitriding, carburizer, diffusion layer.

Цементация — наиболее распространенная химико-термическая обработка стальных изделий. Основным источником углерода в большинстве твердых и газовых карбюризаторов является окись углерода, науглероживающие действия которой обеспечиваются в результате ее распада на поверхности стали с выделением атомарного углерода, усваиваемого обрабатываемой поверхностью:



При этом скорость науглероживания определяется скоростью доставки активной окиси углерода к науглероживаемой поверх-