

# ТЕХНОЛОГИЯ НАНЕСЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОГО ПОКРЫТИЯ СТАЛЬНЫХ ПОРШНЕВЫХ КОЛЕЦ

*Г.А. ОКОЛОВИЧ, доктор техн. наук, профессор  
А.М. ГУРЬЕВ, доктор техн. наук, профессор  
В.Н. ШАБАЛИН, канд. техн. наук, профессор  
А.Е. СИЗОВА, аспирант  
(АлтГТУ, г. Барнаул)*

Статья поступила 2 сентября 2012 года

**Околович Г.А.** – 656038, г. Барнаул, пр. Ленина, 46. ФГБОУ ВПО «Алтайский  
государственный технический университет им. И.И. Ползунова»  
e-mail: mitom@mail.altstu.ru

Для улучшения прирабатываемости и повышения износостойкости разработана технология трехслойного упрочнения поверхности, которая включает карбонитрацию, ионную имплантацию нитрида титана с последующим сульфидированием.

**Ключевые слова:** хромирование, карбонитрация, нитрид титана, сульфидирование, твердость, износостойкость, прирабатываемость поршневые кольца.

Стальные компрессорные кольца изготавливают из пружинной проволоки 65Г, маслоъемные – из стали 20Х13 после холодной пластической деформации и термофиксации при температуре 560...580 °С. Такие высокие температуры нагрева позволяют применять упрочняющие режимы химико-термической обработки поверхности. Химико-термическую обработку применяют для повышения твердости и износостойкости, сопротивления усталостной и контактной выносливости.

Для изделий, работающих в условиях контактного трения, весьма большое значение имеет точность размеров после химико-термической обработки, причем лучшим является тот способ, после которого не нужна механическая обработка. В этом случае обеспечивается почти полный контакт поверхностей и исключаются ударные нагрузки, создающие обычно начальные условия разрушения.

Для улучшения эксплуатационной надежности и повышения срока службы материалы поршневых колец, особенно для двигателей внутреннего сгорания малой и большой мощности,

во многих случаях обрабатываются, чтобы повысить износостойкость и улучшить сохранение упругости. Но с увеличением износостойкости поршневых колец ухудшается прирабатываемость.

Поэтому приработка, т. е. обоюдное приспособление рабочих поверхностей кольца и цилиндра, может стать опасной для обеих названных деталей. Исключительно высокие удельные нагрузки, которые возникают при точечном соприкосновении (преимущественно в начале процесса приработки) между рабочими поверхностями, а также повышенная утечка газов на уплотнительных поверхностях, которая продолжается до образования соприкосновения по замкнутой линии, часто не дают возможности с самого начала вести эксплуатацию с полной нагрузкой и номинальными числами оборотов.

Поршневое кольцо можно считать «достаточно приработанным» в том случае, если оно уплотняет по всей окружности и при этом в любых условиях эксплуатации может нагружаться без опасения максимальной допустимой нагрузкой. Обычно же кольцо считается



«полностью приработанным» только тогда, когда металлическая зеркальная рабочая поверхность образовалась на всей рабочей поверхности кольца. Однако окончательное состояние рабочей поверхности кольца не является необходимой предпосылкой для безопасного выхода на полную нагрузку, так как это возможно и в том случае, когда, например, на кольцо нанесено вспомогательное покрытие для приработки, выдерживающее достаточную нагрузку, и это покрытие обеспечивает уплотнение. Таким образом, следует различать состояние полного уплотнения кольца и состояние его полной приработки; состояния эти могут достигаться в моменты весьма далеко отстоящие друг от друга по времени.

Для сокращения времени приработки и исключения повреждений или затруднений в процессе приработки можно использовать различные пути:

а) позаботиться о том, чтобы на рабочих поверхностях постоянно имелось столько смазочного масла, что исключается чрезмерное нагревание в отдельных точках рабочей поверхности вследствие очень высоких удельных давлений и прорыва горячих газов;

б) нанести на рабочую поверхность кольца поверхностный слой, который, равно как и возникающие из него продукты изнашивания, не приводил бы к заеданию с материалом цилиндров или колец;

в) искусственно улучшить процесс изнашивания наружных слоев поверхностей колец таким образом, чтобы поверхностное соприкосновение между кольцом и стенкой цилиндра, обеспечивающее нормальное уплотнение, образовалось быстрее, чем этого можно достичь, когда рабочие поверхности получили просто чистовую обточку.

Для улучшения прирабатываемости и повышения износостойкости нами разработана технология трехслойного упрочнения поверхности ПК, которая включает карбонитрацию, ионную имплантацию нитрида титана с последующим сульфидированием в электролитной плазме.

Нами выполнены исследования износостойкости ПК после хромирования, карбо-

нитрации и ионного азотирования. Карбонитрацию стальных маслоъемных поршневых колец из стали 20X13 ведут при разложении карбамида в расплаве солей или в газовой среде в интервале температур 540...580 °С в течение одного часа. Глубина карбонитридного слоя составляет 12...15 мкм при твердости HV 1158...1513.

Применение карбонитрации для обработки деталей обеспечивает повышение усталостной прочности на 50...80 %, резкое повышение сопротивления износу по сравнению с цементацией, нитроцементацией, азотированием. Полученные на поверхности нитридные фазы даже при отсутствии смазки не проявляют склонности к схватыванию.

Для устранения коробления маслоъемного поршневого кольца вследствие температурного воздействия при карбонитрации, а также диффузионного насыщения поверхности углеродом и азотом осуществляют алмазную притирку в гильзе со снятием карбонитридного слоя 3...4 мкм.

Последующее нанесение покрытия осуществляют путем ионной имплантацией нитридов титана  $T_iN_4$  толщиной 5...7 мкм на поверхность карбонитридного слоя. Ионы титана высокой энергии разогревают поверхность до 600 °С и внедряются на глубину 1...2 мкм. Достоинство ионной имплантации обусловлено весьма низкими температурами процесса (500...600 °С), высокой твердостью нитрида титана (до HV 2400), отсутствием коробления изделий, что весьма важно для ажурных маслоъемных поршневых колец и необходимостью в доводочных операциях механической обработкой.

После этого для улучшения прирабатываемости поршневых колец и повышения адгезии покрытия к основе выполняют сульфидирование в электролитной плазме. Время обработки составляет 20...40 с. В результате образуется пористый слой  $Fe_2S$  толщиной 8...10 мкм и твердостью 915...1158 HV.

Сравнительные испытания износостойкости стальных маслоъемных ПК из стали 20X13 проводились после упрочнения различными способами и приведены в таблице.

**Способы испытания износостойкости стальных масляеъемных ПК**

Способ упрочнения	Микротвердость, HV <sub>100</sub>	Глубина слоя, мкм	Потеря веса, мг
Электролитическое хромирование	940...1088	30...40	35 за 13 ч
Ионное азотирование	915...1158	5...7	18 за 3 ч
Оксикарбонитрация в расплаве солей	1158...1513	10...12	33 за 12 ч
Газовая карбонитрация	1158...1513	12...15	23 за 15 ч
Карбонитрация + нитрид титана (TiN <sub>4</sub> ) + сульфидирование	915...1188	18...20	12 за 15 ч

**Выводы**

1. Испытания показали, что карбонитридный слой не только не уступает хромированному, но и несколько превосходит его.

2. Наилучшие результаты достигаются после нанесения трехслойного упрочнения: карбонитрация, осаждение нитридов титана и сульфидирования, которые в два раза превосходят традиционное хромирование.

**Список литературы**

1. Патент 2386726 РФ, заявл. 01.10.08; опубл. 20.04.10, Бюл. № 11. Способ упрочнения поверх-

ностей стальных поршневых колец / Г.А. Околович, А.М. Гурьев, А.Г. Околович.

2. Чаттерджи Фишер Р. Азотирование и карбонитрация / Р. Чаттерджи Фишер. – М. Металлургия, 1986. – 324 с.

3. Прокошкин Д.А. Химико-термическая обработка металлов – карбонитрация / Д.А. Прокошкин. – М. : Металлургия, 1984. – 240 с.

4. Патент 2109075 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> С21Д9/22С23, С8/26. Способ упрочнения поверхностей стальных изделий / Г.А. Околович, Л.Т. Аксенова, Т.Г. Шарикова, И. В. Околович; заявитель и патентообладатель Алт. гос. тех. ун-т. – № 96105231/02; заявл. 19.03.96; опубл. 20.04.98, Бюл. № 11.

**Technology for deposition of wear-resistant coating f piston rings**

G.A. Okolovich, A.M.. Guriev, V.N.Shabalin, A.E.Sizova

To improve the running-in wear resistance and developed technology-layer surface hardening, which includes karbonitratsiyu, ion implantation of titanium nitride, followed by sulfidation

**Key words:** chrome, karbonitratsiya, titanium nitride, sulphidation, hardness, wear resistance, running-in., Piston rings.