

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Соболевой Натальи Николаевны «Повышение износостойкости NiCrBSi покрытий, формируемых газопорошковой лазерной наплавкой», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение)

Газопорошковая лазерная наплавка является, как известно, эффективным способом формирования износостойких покрытий в целях упрочнения и реновации поверхности металлических изделий. Кроме того, в последнее время перспективы метода возросли благодаря интенсивному развитию аддитивных технологий – как способа трехмерного прототипирования. Преимущества лазерной наплавки связаны с минимальным тепловым воздействием на подложку, низким коэффициентом перемешивания присадки и материала подложки, возможностью применения на месте эксплуатации восстанавливаемого объекта с выборочным нанесением покрытия на его локальные участки. При лазерном наплавлении реализуется комплекс сложных взаимодействующих физических и химических процессов; поэтому использование этой технологии требует подробных исследований для оптимизации порошкового состава и режимов обработки с учетом природы мишени и ее функционального назначения. Этим определяется *актуальность* рецензируемой работы, направленной на разработку научных основ лазерной наплавки покрытий на изделия, работающие в различных условиях абразивного изнашивания и трения скольжения, при повышенных тепловых нагрузках, а также на обоснование перспективности финишной обработки сформированных покрытий скользящим индентором для снижения их шероховатости и дополнительного улучшения служебных свойств.


Исследование проведено на лазерных наплавках, полученных из самофлюсующихся порошков сплавов никеля с добавлением армирующей фазы в виде карбида титана, далее подвергнутых термическому воздействию либо фрикционной обработке. Автором системно изучена специфика структурно-фазовой перестройки, микромеханические характеристики покрытий, их трибологические свойства и механизмы изнашивания при варьировании составов и условий испытаний. В итоге получен ряд приоритетных фундаментальных и практических результатов. *Научная новизна* связана с модификацией порошковой смеси, выявлением факторов, в наибольшей степени определяющих качество полученных упрочняющих покрытий, и механизмов их положительного влияния на уровень реализуемых свойств. Впервые установлено формирование пространственного карбидно-боридного каркаса и раскрыта его роль как высокопрочного износостойкого барьера для развития трибоповреждений. Впервые обнаружен эффект технически значимого роста твердости и износостойкости лазерного NiCrBSi покрытия при повышении температур отжига до 1000-1050 °С после падения свойств при более низких температурах нагрева в диапазоне 900-950 °С. Выявлено образование упрочненного наноструктурированного поверхностного слоя при обработке лазерного покрытия скользящим индентором и проанализированы особенности его влияния на триботехнические свойства и протекание основных стадий процессов изнашивания. *Научная значимость* диссертации заключается в развитии материаловедческих основ высокоэнергетических технологий создания износостойких порошковых покрытий, включая рассмотрение аспектов трибодеструкции. *Практическая ценность* работы состоит в получении системных данных, которые уже использованы (имеются патент РФ, акт внедрения) и в дальнейшем могут использоваться для разработки технологий изготовления и восстановления металлоизделий различного функционального назначения с обеспечением их повышенных механических и эксплуатационных характеристик (в частности, выступание карбидно-боридного каркаса на поверхности трения может быть полезным для улучшения маслоудержания в трибосопряжениях со смазкой).

При чтении автореферата возникли следующие *вопросы и пожелания*.

1. Оценивалось ли такое воздействие лазерной наплавки, как глубина проплавления и не наблюдались ли макронеоднородности по сечению единичных лент покрытия?
2. Что можно сказать о качестве переходного слоя от покрытия к подложке, формирующегося в примененных технологических условиях лазерного напыления?
3. В шестой главе автореферата приведены результаты, показывающие, что образование нанокристаллического слоя способствует формированию на поверхности трения сульфидных пленок, препятствующих адгезионному взаимодействию наноструктурированной поверхности покрытия с контртелом при трении со смазкой. Поскольку эти пленки уменьшают адгезионную составляющую коэффициента трения и существенно меняют протекание и интенсивность процесса изнашивания, то насколько может быть значима роль сульфидных пленок как фактора направленного регулирования свойств покрытий? Почему в выводах не представлена эта часть проведенных исследований?

Сделанные замечания не умаляют достоинств работы, основные положения и результаты которой представлены в автореферате логично, системно и позволяют оценить диссертацию Соболевой Н.Н. как завершенную исследовательскую работу, характеризующееся обоснованностью основных научных положений и выводов. Полученные результаты достаточно полно отражены в публикациях, апробированы на российских и международных конференциях, а также вошли в состав образовательной программы как раздел специальной дисциплины.

Заключение. Диссертационная работа **Соболевой Натальи Николаевны**, в которой развиты металлофизические и материаловедческие представления в области синтеза и трибологии функционализированных лазерных покрытий, разработаны модифицированные порошковые смеси и технологические режимы их лазерной наплавки, отвечает требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», а ее автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – *Материаловедение (машиностроение)*.

Член-корреспондент РАН, доктор технических наук,
Председатель ФГБУН Якутский научный центр СО РАН (ЯНЦ СО РАН),
заведующий отделом физикохимии материалов и технологий
ФГБУН Институт физико-технических проблем Севера
им. В.П. Ларионова СО РАН (ИФТПС СО РАН)  Михаил Петрович Лебедев

« 9 » *сск* 2016 г.

адрес: 677891, Якутск, ул. Октябрьская, 1;
телефон: 8(4112)39-06-00; e-mail: m.p.lebedev@prez.yfn.ru

Доктор технических наук, профессор,
заведующий отделом материаловедения
ФГБУН Институт физико-технических проблем Севера
им. В.П. Ларионова СО РАН (ИФТПС СО РАН)

Софья Петровна Яковлева

« 9 » *сма* 2016 г.

адрес: 677891, Якутск, ул. Октябрьская, 1;
телефон: 8(4112)39-05-77; e-mail: spyakovleva@yandex.ru

Подписи М.П. Лебедева и С.П. Яковлевой заверяю:

Ученый секретарь ФГБУН ИФТПС СО РАН,
к.ф.-м.н.

 Т.А. Капитонова