

УДК 669.018.256

ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНОСОСТОЙКИХ МАТЕРИАЛОВ ЛОПАТОК ДЛЯ СМЕСИТЕЛЕЙ-ПНЕВМОНАГНЕТАТЕЛЕЙ

© 2016 Н.И. Габельченко¹, А.А. Белов¹, Н.А. Кидалов¹, А.И. Габельченко², Н.В. Волкова³¹ Волгоградский государственный технический университет² Московский государственный университет им. А.В. Ломоносова³ ОАО «Волгограднефтемаш», г. Волгоград

В работе приведены сравнительные исследования абразивной износостойкости металлов лопаток смесителей-пневмонагнетателей. Результаты исследования показали, что наилучшим комплексом механических и служебных свойств обладает сталь 110Г13Л обеспечивающая высокие прочностные и эксплуатационные свойства лопаток.

Ключевые слова: *сталь, чугун, аустенит, мартенсит, феррит, абразивный износ, смеситель-пневмонагнетатель*

В настоящее время проблема износа расходных материалов для смесителей-пневмонагнетателей стала достаточно актуальной ввиду отсутствия централизованных поставок и наличия неконтролируемых поставщиков на российском рынке металлопродукции. Принципом работы смесителя является перемешивание полусухого раствора, в который входят цемент, песок, вода, рубленая базальтовая нить и подача готового раствора к месту укладки. Перемешивающим элементом являются лопатки, работающие в условиях абразивного износа. Поэтому выбор материала лопаток играет важную роль.

В качестве материала для лопаток и лопастей используются такие металлы, как чугуны и износостойкие стальные сплавы. Различны и технологии получения лопаток — это либо изготовление из листового проката, либо получение литых изделий. В последние годы явным лидером первой группы является шведская износостойкая сталь Hardox 450, представляющая собой износостойкую листовую сталь твердостью 450 HB, предназначенную для условий, в которых предъявляются особые требования к износостойкости [1]. Для литейной же технологии изготовления характерно использование различных сплавов на основе железа, начиная со стали 15, усиленной наплавкой до высокоуглеродистых сплавов — чугунов. Однако не все материалы для лопаток являются одинаково эффективными. Так, очень перспективным представляется использование стали 110Г13Л в качестве металла для литья лопаток смесителей-пневмонагнетателей, хотя в классическом виде эта сталь успешно используется не в условиях абразивного износа, который характерен для рабочих элементов смесителей, а в условиях ударных нагрузок [2].

Методикой исследования предусматривалось проведение на лабораторной установке испытаний абразивной износостойкости образцов, вырезанных из лопаток смесителей, определение химического состава используемого металла, механических свойств,

проведение металлографических исследований сравниваемых сталей с целью выбора наиболее эффективного материала для лопаток и лопастей смесителей. Затем необходимо проведение исследований отобранных материалов в реальных условиях эксплуатации.

С целью определения износостойкости исследуемых образцов, вырезанных из лопаток различных материалов при абразивном изнашивании, близком к условиям приготовления цементно-песчаных растворов в смесеприготовительной системе, была разработана и изготовлена лабораторная планетарная установка (рис. 1). Для создания более агрессивной среды по сравнению с реальными условиями работы в качестве абразивного материала использовался сухой грубый остроугольный песок из орловского карьера марки 4K₂O₁03. Песок перемешивали вращением вала вокруг оси с установленным держателем и закреплёнными на нём образцами. В стакан 4 предварительно загружали абразивный материал 10, после чего включали двигатель, приводящий вращение вала 7 и закреплённого к нему держателя в форме диска (одновременно выполняющего функцию крышки) с образцами 6.

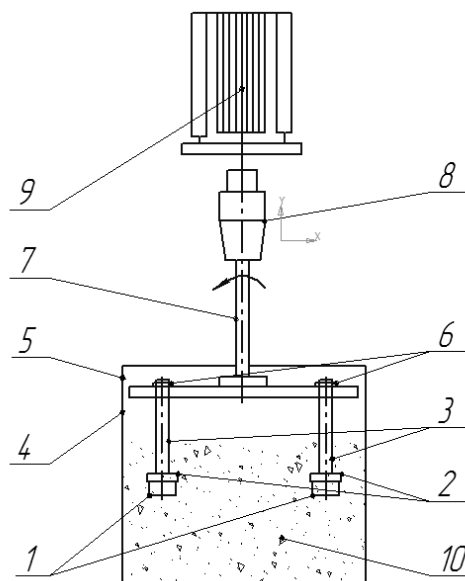


Рис. 1. Лабораторная установка для определения абразивной износостойкости:
1 — образец; 2 — трубка; 3 — шпилька; 4 — карусель; 5 — стакан; 6 — гайка; 7 — вал; 8 — патрон; 9 — двигатель; 10 — песок

Габельченко Наталья Ильинична, кандидат технических наук, доцент. E-mail: mitlp@vstu.ru

Белов Артем Алексеевич, студент. E-mail: 79880228384@yandex.ru

Кидалов Николай Алексеевич, доктор технических наук, профессор. E-mail: nich@vstu.ru

Габельченко Антон Игоревич, научный сотрудник. E-mail: aig@ga-group.ru

Волкова Наталия Валерьевна, инженер-технолог отдела главного металлурга. E-mail: n-ww@mail.ru

Образцы представляли собой пластины с размерами 6х20х30, вырезанные из лопаток смесителя. Для исследования были отобраны пластины из Стали 110Г13Л, чугуна марки СЧ 25, и стали 15 с износостойкой наплавкой Х10 и образец из стали Hardox 450. Общее время испытаний – 96 часов, после каждых 24 часов испытания образцы извлекали из стакана и определяли их массу с точностью до 0,01 г. Затем заменяли песок после его измельчения на свежий и проводили ещё 3 цикла с последующей заменой песка и взвешиваниями, проведение которых обеспечивало потерю массы любого из образцов с точностью до 0,05 г., согласно ГОСТ 17367-71. Результаты испытаний в условиях изнашивания образцов абразивным материалом представлены на рис. 2.

Определялось временное сопротивление σ_b , Н/мм², предел текучести σ_t , Н/мм², относительное удлинение δ_5 , %, относительное сужение ψ , %, ударная вязкость КСУ, Дж/см², твёрдость НВ на испытательных машинах ИР-5082-100, копре 2010 КМ 30, твердомере

ТБ 5004, проводились также металлографические исследования на микроскопе «OLYMPUS BX51M». При исследовании стали Hardox 450 было выявлено, что химический состав и механические свойства несколько отличаются от сертификата на сталь Hardox 450. Результаты представлены в табл. 1, 2.

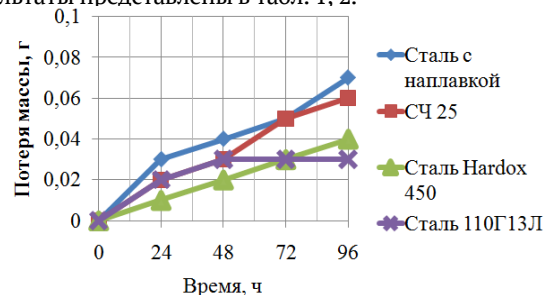


Рис. 2. Результаты сравнительного исследования образцов на абразивный износ

Таблица 1. Химический состав сравниваемых сталей

Металл	Значения элементов, (%)												
	C	Mn	Si	P	S	Cr	Ni	Cu	Mo	B	Ti	V	W
исследуемый образец	0,17	1,3	0,45	0,010	0,002	0,09	0,08	0,01	0,08	-	0,01	0,01	<0,002
Hardox 450 по сертификату	0,21	1,60	0,70	0,025	0,010	0,50	0,25	-	0,25	0,004	-	-	-

Примечание: значения элементов состава стали Hardox 450 являются максимальными

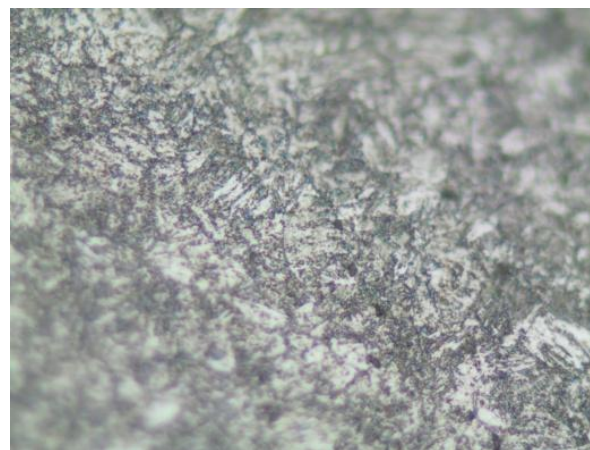
Таблица 2. Механические свойства сравниваемых сталей

Металл	σ_b , Н/мм ²	σ_t , Н/мм ²	δ_5 , %	ψ , %	КСУ, Дж/см ²		НВ
					25°C	-40°C	
исследуемый образец	1390	1240	15,5	69	160	-	415
Hardox 450 по сертификату	1400	1200	12	63	-	35	450

Обращают внимание несоответствия по химическому составу: так, значения основных легирующих элементов (Cr, Ni Mo) в исследуемом образце на порядок ниже, чем данные по сертификату, бор не обнаружен. Выявлены расхождения по прочностным характеристикам: так, металл исследуемого образца не соответствует металлу Hardox 450 по пределу прочности и твердости, что, возможно, негативно сказывается на износостойкости и сроке с их службы. Металлографический анализ показал, что структура исследуемого металла до испытаний соответствует характерной для металла Hardox 450 чистой мартенситной структуре, рис. 3 а. После 96 часов испытаний в структуре стала выявляться ферритная фаза, являющаяся мягкой и быстро изнашиваемой. Очевидно, это произошло в результате локального нагрева поверхности образца при контакте с частицами песка. Кроме того, структура поверхности отличается наличием протяженных дендритно ориентированных ферритных зерен, что может объяснить снижение износостойкости рабочей поверхности лопаток.

Химический состав и механические свойства металла образца из стали 110Г13Л полностью соответствовали ГОСТу 977-88, (табл. 3, 4). Металлографическими

исследованиями установлено, что структура стали 110Г13Л имеет чистую аустенитную структуру с мелкими одиночными карбидами (рис. 5). В процессе работы металл стали 110Г13Л претерпевает поверхностное упрочнение и становится устойчивым к абразивному износу. Это связано с явлением перехода аустенитной структуры поверхностного слоя в мартенситную [3].



а)

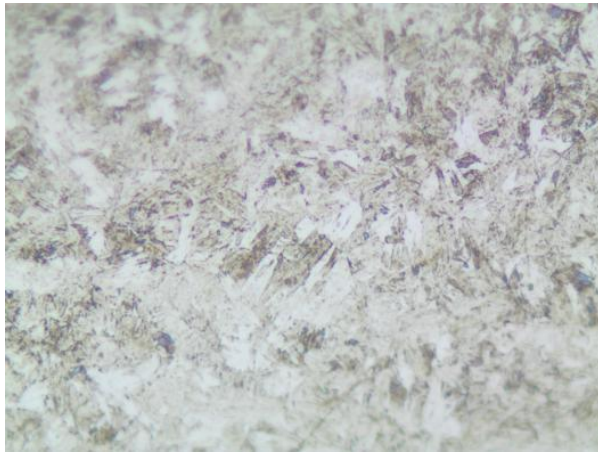


Рис. 3. Структура стали Hardox 450:
а) до испытаний; б) после 72 часов испытаний

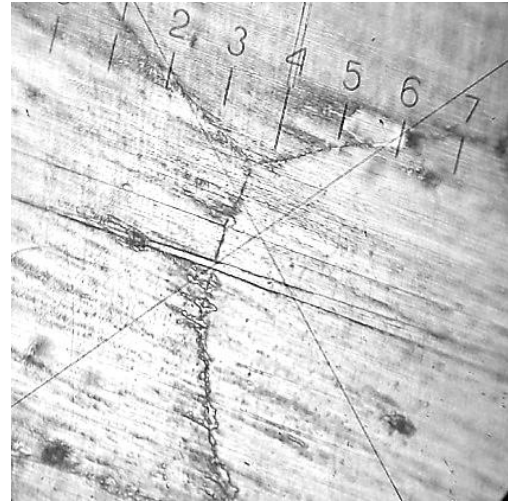


Рис. 4. Микроструктура стали 110Г13Л. x500

Таблица 3. Химический состав стали 110Г13Л

Наименование	C, %	Mn, %	Si, %	Cr, %	Ni, %	P, %
исследуемый образец	1,3	11,50	0,68	0,26	0,50	0,11
ГОСТ 977-88	0,9-1,5	11,5-15	0,3-1	до 1	до 1	до 0,12

Таблица 4. Механические свойства стали 110Г13Л

Наименование	σ_b , Н/мм ²	δ_5 , %	ψ , %	KCU, Дж/см ²	НВ
исследуемый образец	820	34	43	350	220
ГОСТ 977-88	800	25	35	260-350	186-229

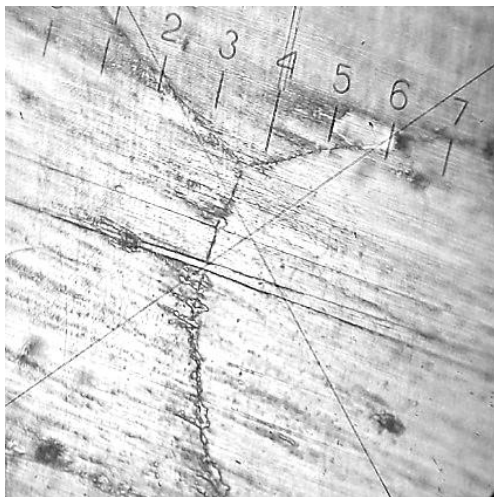


Рис. 4. Микроструктура стали 110Г13Л. x500

Для подтверждения полученных экспериментальных данных на лабораторной установке был проведен эксперимент, проходящий в одинаковых реальных условиях на строительном объекте. Смесители, строительный раствор и конфигурации лопаток были одинаковы. В эксперименте было задействовано 4 смесителя пневмонагнетателя марки «СО-241». Лопатки устанавливались в смесители и начали работу в одно время. Целью эксперимента было сравнение срока службы металла лопаток заявленных поставщиками с реальным. Для исследования были выбраны лопатки

из СЧ 25, стали 15 с наплавкой Х10 и шведской износостойкой стали Hardox 450.

Произведённое количество смеси до выхода из строя лопаток в м³

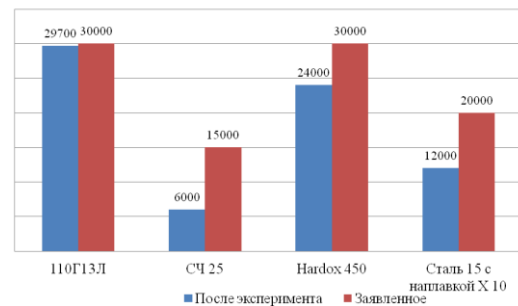


Рис. 5. Результаты эксперимента, проходящего в реальных условиях

В процессе работы был произведен технический осмотр смесителей, где лопатки из стали 110Г13Л показали своё преимущество перед остальными. Оно заключалось в том, что для очистки полости резервуара от застывшего бетона применяются чугунные звёздочки и стальная дробь и лопатки необходимо было снимать с крепежей, однако лопатки из стали 110Г13Л не извлекались из резервуара, и в процессе очистки внутренних поверхностей происходило повышение прочностных свойств и твердости поверхности лопаток в результате наклепа, что благоприятно влияло на их износостойкость. Лопатки из серого чугуна стёрлись равномерно, отработав 6000 м³ раствора, но это составляет лишь 40% от заявленного срока службы. Лопатки

из стали 15 с наплавкой X10 показали ожидаемый результат, ещё до технического осмотра было заметно, что наплавка практически не стёрлась, а сталь 15 начала интенсивно истираться. Лопатки из серого чугуна изнашивались очень быстро и не отработали даже половину заявленного срока службы. Лопатки из стали Hardox 450 стирались равномерно и практически показали своё соответствие заявленному сроку службы.

Выводы: испытания в условиях эксплуатации хорошо коррелируются с выполненными лабораторными исследованиями материалов и показывают преимущества стали 110Г13Л как материала для изготовления лопаток смесителей-пневмонагнетателей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Белов, А.Ал. Исследование металлов лопаток смесителя-пневмонагнетателя / А.Ал. Белов, Р.И. Искендеров, О.А. Мишустин и др. // «Страна живёт, пока работают заводы»: сб. науч. тр. междунар. науч.-техн. конф. (9-10 дек. 2015 г.) / Юго-Западный гос. ун-т [и др.]. - Курск, 2015. С. 52-55.
2. Гудремон, Э. Специальные стали. Том 1. 2-е изд. - М.: Металлургия, 1966. 734 с.
3. Габельченко, Н.И. Получение стабильной аустенитной структуры и свойства деталей из стали 110Г13Л / Н.И. Габельченко, Н.В. Волкова // Заготовительные производства в машиностроении. 2012. № 12. С. 39-41.

RESEARCH OF WEAR RESISTANT MATERIALS OF BLADES FOR MIXERS-PNEUMOSUPERCHARGERS

© 2016 N.I. Gabelchenko¹, A.A. Belov¹, N.A. Kidalov¹, A.I. Gabelchenko², N.V. Volkova³

¹ Volgograd State Technical University

² Lomonosov Moscow State University

³ JSC "Volgogradneftemash", Volgograd

Comparative researches of abrasive wear resistance metals of blades for mixers-pneumosuperchargers are given in work. Results of research have shown that steel 110G13L providing high strength and operational properties of blades possesses the best complex of mechanical and operational properties.

Key words: steel, cast iron, austenite, martensite, ferrite, abrasive wear, mixer-pneumosupercharger

Natalia Gabelchenko, Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor. E-mail: mitlp@vstu.ru

Artem Belov, Student. E-mail: 79880228384@yandex.ru

Nikolay Kidalov, Doctor of Technical Sciences, Professor.
E-mail: nich@vstu.ru

Anton Gabelchenko, Research Fellow. E-mail:
aig@ga-group.ru

Nataliya Volkova, Engineer Technologist at the Department
of Chief Metallurgist. E-mail: n-ww@mail.ru