



УДК 669.15

© В. Г. Комков, М. В. Тепляшин, 2013

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ЭЛЕКТРОШЛАКОВОЙ НАПЛАВКОЙ

Комков В. Г. - канд. техн. наук, доц. кафедры «Детали машин», тел.: 22-43-98, e-mail: SL166@gambler.ru (ТОГУ); *Тепляшин М. В.* - канд. техн. наук, доц. кафедры «Физическое воспитание, спорт и основы медицинских знаний», e-mail: tmv.99@mail.ru (СВГУ)

Детали машин, восстановленные электрошлаковой наплавкой (ЭШН), как правило, обладают невысокой износостойкостью. Введение в наплавленный металл легирующих добавок при ЭШН деталей машин увеличивает их износостойкость. В качестве основы таких добавок возможно использование вольфрамсодержащего минерального концентрата.

Machine parts recovered by electroslog surfacing tend to have low wear resistance. Addition to the weld metal do-pants in this case increases their durability. As the basis of such additives tungsten-containing mineral concentrate can be used.

Ключевые слова: детали машин, электрошлаковая наплавка, вольфрам, легирующие добавки, минеральный концентрат, абразивный износ.

Детали машин, работающие в условиях сильного абразивного изнашивания, имеют достаточно небольшой ресурс. К таким деталям относятся зубья рыхлителя землеройных машин и била молотковых мельниц (БММ). В молотковых мельницах разрушение куска породы происходит при соударении и истирании с рабочим органом и их применяют при разрушении материалов с пределом прочности на сжатие до 125 МПа. Дробилки ударного действия наиболее эффективно работают при высоких скоростях соударения, но при этом износ еще больше увеличивается.

Исследование процесса изнашивания БММ, выполненных из сталей 45, 85, 110Г13Л, высокопрочных чугунов, показало, что их внешняя поверхность (торцы и боковые стенки) воспринимают удары абразивных частиц под углом от 5 до 60°, а рабочая поверхность бил – под прямым углом [1].

В каждом случае изнашивания на их поверхности образуется характерный микрорельеф. При ударе под углом от 5 до 60° лунки и риски имеют яр-

ко выраженную направленность, а при 90° - однотипный бугристый вид со следами прямого многократного внедрения абразивных частиц разной массы.

В высокоскоростных мельницах ударного действия изнашивание рабочих органов может привести к уменьшению прочности рабочих органов, возникновению вибраций (в случае неравномерного изнашивания) и аварий. Однако наиболее существенным следствием износа является изменение гранулометрического состава готового продукта и уменьшение тонины помола. В большинстве случаев наработка рабочих органов определяется временем, в течение которого тонина готового продукта остается в допустимых пределах.

Следовательно, важнейшей задачей для повышения производительности труда в процессе измельчения пород является повышение износостойкости деталей в условиях ударно-абразивного изнашивания. Величина потери массы в результате износа может достигать $2/3$ его начальной массы [1].

Для изготовления деталей, работающих в условиях ударно-абразивного изнашивания, применяют высокомарганцевую сталь 110Г13Л. Высокая износостойкость этой стали объясняется исключительной способностью марганцевого аустенита к пластической деформации путём однородного и множественного скольжения и к сильному упрочнению при наклёпе, происходящему одновременно с пластическим деформированием (без текучести). Но при отсутствии динамических или больших удельных статических нагрузок сопротивление изнашиванию сталей такого типа низкое, примерно такое же, как у сталей 45. Поэтому БММ, работающие при слабом ударном воздействии, так же как и зубья рыхлителя землеройных машин, изготовленные из высокомарганцевых сталей, имеют низкую износостойкость. Восстановление деталей с большим объёмным износом целесообразно проводить ЭШН [2], а повысить их износостойкость с помощью армирования их рабочих поверхностей износостойкими сплавами.

Армирование рабочих поверхностей твердыми сплавами также имеет свои недостатки. Под действием ударов сильно армированные поверхности не только претерпевают абразивное изнашивание, но и растрескиваются. При выкрашивании армированного слоя рабочих поверхностей происходит интенсивный износ неармированного объёма детали, что приводит к необходимости замены детали. Поэтому необходимо применять объёмное армирование и подбирать оптимальную степень армирования для получения большей долговечности и оптимального расхода материала при минимальных затратах на производство и обслуживание [3, 4].

В настоящее время при ремонте изношенных элементов технологического оборудования используют различные методы восстановления. Наиболее распространённый метод - наплавка износостойкого слоя.

Наплавку применяют для восстановления и упрочнения деталей машин и оборудования путём нанесения на их рабочие поверхности металлических покрытий, обладающих необходимым комплексом свойств: износостойкость, термостойкость, кислотоупорность и т.п. С помощью наплавки создают би-



металлические изделия, у которых выгодно сочетаются свойства наплавленного и основного металлов.

Целью данной работы является подбор оптимального состава легирующих добавок для увеличения износостойкости деталей машин при ЭШН, а также исследования по применению в качестве легирующей основы вольфрамсодержащего минерального концентрата (шеелит).

Для проведения лабораторных исследований ЭШН разработана опытная установка. Для наведения шлаковой ванны перед началом электрошлакового процесса использован метод сифонной заливки расплавленного флюса.

Проводились исследования по объемному легированию наплавленного металла через трубчатый наполненный электрод и засыпку легирующих порошков через дозатор, а также местному легированию рабочей поверхности пластиной, устанавливаемой в паз кристаллизатора. Легирующие пластины готовились из смеси легирующих порошков и жидкого стекла, которые подвергались прессованию и сушке в печи.

Оценка износостойкости проводилась по методу испытания материалов о не жестко закрепленные абразивные частицы (ГОСТ 23.208-79) на установке собственной конструкции. Абразивный материал — электрокорунд зернистостью № 16-П по ГОСТ 3647—71. Взвешивание образцов до и после испытания проводилось на аналитических весах АДВ-200, позволяющих взвешивать образцы весом до 0,2 кг с точностью $\pm 2 \cdot 10^{-4}$ г.

Известно, что наиболее распространенными системами легирования наплавочных материалов являются системы: Cr—Mn; Cr—В; Cr—Ni; Cr—W—V [5]. Считается, что высокая стойкость против абразивного изнашивания с умеренными ударами или без ударов обеспечивается при наплавке карбидами вольфрама. В последние годы для той же цели были предложены и высокохромистые сплавы со значительным содержанием углерода и бора.

Объектом исследований служили порошки, используемые для напыления и наплавки типа ПР-Н80Х16СЗРЗ и ПГ-10Н-01, порошковые смеси на никелевой основе, а также порошки вольфрама, карбида бора, карбида кремния и др. Данные порошковые материалы обеспечивали получение наплавленных слоев с твердостью HRC 55-62.

Получены опытные образцы с легированием наплавленного объема. Сравнительные испытания на абразивное изнашивание наплавов на основе различных комбинаций порошков легированных сталей и сплавов, а также введенных в них наполнителей из чистых порошков показали, что все они имеют более высокую износостойкость, чем эталон сравнения (сталь 110Г13Л). В табл. 1 представлены образцы, имеющие наибольшую относительную износостойкость (ϵ).

Методом планирования эксперимента определен оптимальный состав наплавленного металла: С-0,98%, Cr-3,5%, Mn-3,3%, Si -1,5%, W-0,86%, Мо-0,48%, износостойкость которого выше более чем в два раза стали 110Г13Л.



Таблица 1

Химический состав и механические свойства сплавов

№ опыта	Содержание легирующих элементов в наплавленном металле, %					Микро-твердость, кг/мм ² α-фаза	Механические свойства HRC	Относит. износостойкость ε
	C	Cr	Mn	W	Прочие			
1	0,75	2,71	2,51	-	Mo 0,15	572-683	45-50	1,78
2	0,75	2,82	2,62	0,53	-	572-683	44-50	1,79
3	0,75	2,76	2,61	0,30	-	640-680	44-51	1,63
4	0,75	2,73	3,02	-	-	572-640	48-59	1,74
5	0,75	2,79	3,13	-	Ti 0,2	642-774	45-50	1,71
6	0,75	2,75	3,22	-	Ti 0,1	610	50-60	1,51
7	0,9	3,21	1,96	0,77	-	540-580	45-48	1,93
8	0,9	3,15	1,92	0,75	Mo 0,17	490-612	46-50	1,95
9	0,9	3,26	1,86	-	Mo 0,12	540-620	45-48	1,87
10	0,9	3,19	1,84	-	V 0,11; Mo 0,12	489-572	48-52	1,60
11	1,05	3,20	2,62	0,81	Mo 0,21	490	50-54	1,98

Однако следует отметить, что существенным недостатком применения в качестве легирующих компонентов порошков твердых сплавов и чистых порошков металлов является их высокая стоимость. Поэтому параллельно проведены исследования по применению для легирования других материалов, в частности на основе шеелитового минерального концентрата (мас. % WO₃-59,5; CaO - 26,8; MgO - 1,65; SiO₂- 2,9; TiO₂- 0,20; FeO - 0,61; Fe₂O₃ - 3,78; Fe₃O₄ - 1,84; Na₂O - 0,24; K₂O - 0,15; As - 0,01; S - 0,20; P - 0,31; прочие - 1,85) в качестве легирующей добавки. Шеелитовый концентрат содержит в своем составе компоненты, пригодные для формирования легирующей системы при электрошлаковой наплавке, и тем самым позволяющих создавать новые легированные сплавы без использования дорогостоящих чистых элементов, выделяемых из концентрата сложной, затратной, многостадийной технологической переработкой.

Для исследования возможности использования шеелитового концентрата в качестве основы легирующей шихты был проведен ряд опытных наплавов электродами из низкоуглеродистой стали. Однако объемное легирование шеелитом и через вставку не принесло ощутимого эффекта (рис. 1). Химические составы опытных сплавов и шлака дали основание полагать, что в сварочной ванне не созданы условия для полного перехода вольфрама из шеелитового концентрата в металл, поэтому в шлаковую ванну необходимо дополнитель-



но вводить химически активный элемент, который бы повысил степень восстановления шеелита и еще более активизировал микрометаллургические процессы. В качестве такого элемента был использован углерод, который наравне с высокой активностью является карбидообразующим элементом. При наличии карбидов металл приобретает повышенные физико-механические свойства.

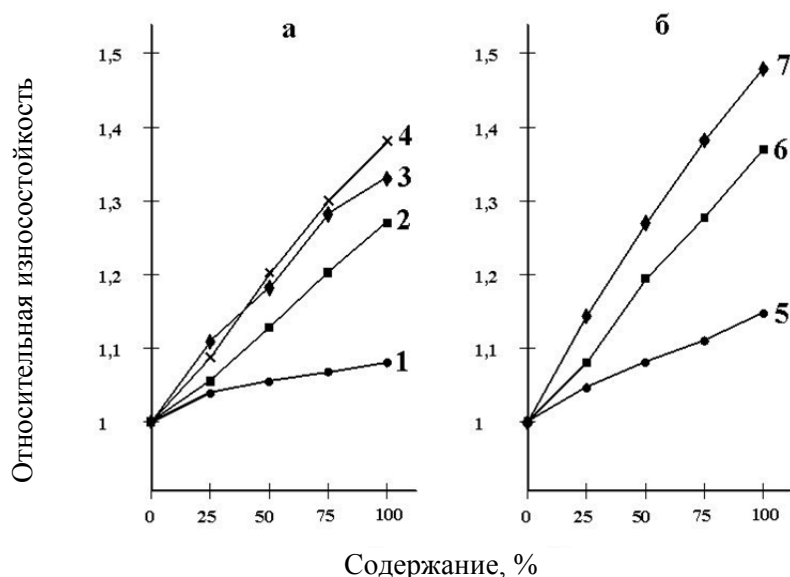


Рис. 1. Зависимость относительной износостойкости от содержания легирующих элементов: а) при легировании через вставку: 1 – шеелит; 2 – графит; 3 – графит:шеелит 1:1; 4 – графит:шеелит 78:22; б) при объемном легировании: 5 – шеелит; 6 – графит; 7 – графит:шеелит 27:73

В результате исследований влияния композиций графит-шеелит на относительную износостойкость наплавленного металла выявлено, что при легировании через вставку наибольшее увеличение износостойкости обеспечивается при использовании соотношения графит:шеелит 78:22 (рис. 1а). А при объемном легировании – графит:шеелит 27:73. Такое отличие в соотношениях графит:шеелит связано с тем, что при легировании через вставку термические процессы восстановления вольфрама очень слабы и легирование происходит в основном углеродом. Однако при объемном легировании термические процессы в шлаковой ванне активизируют восстановление вольфрама и насыщение карбидами, увеличивая тем самым степень легирования наплавленного металла (рис. 1), на что указывает повышенное содержание вольфрама в наплавленном металле.



Исследование износостойкости наплавленного металла при совместном объемном легировании и через вставку показали, что легирование через графитовую вставку с добавлением во флюс композиции графит:шеелит в соотношении 13:87 (25% по массе флюса) дает наиболее высокие показатели износостойкости.

Выводы

В результате анализа литературных данных о влиянии легирующих элементов на эксплуатационные свойства сплавов и собственных исследований износостойкости была выбрана система С-Сг-Mn-W-Mo и интервалы варьирования в ней легирующих элементов.

Методом планирования эксперимента определен оптимальный состав наплавленного металла (С-0,98%, Сг-3,5%, Mn-3,3%, Si -1,5%, W-0,86%, Mo-0,48%) превосходящий по износостойкости сталь 110Г13 более чем в два раза.

Для уменьшения стоимости легирования проведены исследования по применению для легирования композиций на основе шеелитового концентрата.

Наилучшей системой легирования является легирование через графитовую вставку с добавлением во флюс композиции графит:шеелит в соотношении 13:87 (25% по массе флюса).

Полученный вольфрамсодержащий сплав может быть основой при восстановительной наплавке БММ и зубьев рыхлителя землеройных машин с добавлением углерода и других элементов (порошков твердых сплавов, чистых металлов, ферросплавов, керметов и др.) для повышения их износостойкости.

Библиографические ссылки

1. *Клейс И. Р., Узьмыйс Х. Х.* Износостойкость элементов измельчителей ударного действия. – М.: Машиностроение, 1986. – 160с.
2. *Кусков Ю. М. и др.* Электрошлаковая наплавка/ Под ред. А.Ф. Пименова. – М.: ООО «Наука и технологии», 2001. – 180с.
3. *Воловик Е. Л.* Справочник по восстановлению деталей. – М.: Колос, 1981. – 351с.
4. *Виноградов В. Н. и др.* Абразивное изнашивание. – М.: Машиностроение, 1990. – 220с.: ил.
5. *Износостойкость сплавов, восстановление и упрочнение деталей машин / Под общей ред. В.С. Попова.* - Изд. ОАО Мотор Сич.- Запорожье, 2006. - 420с.