

УДК 543:621.35

*д.т.н. Алимов В. И.,
Георгиаду М. В.,
Генкузина В. О.
(ГОУВПО ДонНТУ, г. Донецк, ДНР)
Георгиадис Т.
(ВТУЗ Западной Македонии, г. Козани, Греция)*

РАЗМЕРНОЕ ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКОЕ ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ И ИНСТРУМЕНТА ПОВЫШЕННОЙ ТОЧНОСТИ

Разработаны новые составы обмазок для размерного химико-термического восстановления деталей транспортного оборудования и быстрорежущего инструмента. Усовершенствована технология восстановления путем введения в восстановительный процесс этапа предварительного окисления. Показано, что радиальные размеры, уменьшившиеся при эксплуатации вследствие износа, восстанавливаются до исходного состояния. Предложенные составы обеспечивают продление срока эксплуатации изделий повышенной точности.

Ключевые слова: *износ, размерное термическое восстановление, химико-термическая обработка, составы обмазок, предварительное окисление.*

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами.

Размерное термическое, в том числе химико-термическое восстановление заключается в нагреве до температур, не превышающих температуру фазовой перекристаллизации, изделий повышенной точности, которые в процессе эксплуатации вышли по радиальным размерам за допустимые границы. В существующей производственной практике такие металлические изделия перетачивают механическим путем на изделия с другими меньшими размерами либо отправляют в металлолом. Для ответственных деталей транспорта и дорогостоящего инструмента такой подход не оправдан, поэтому ведутся работы по разработке и усовершенствованию технологии восстановительной обработки первично изготовленных изделий.

Получены результаты при размерном термическом восстановлении, позволяющем продлить средний суммарный срок службы быстрорежущего инструмента в 2–2,5 раза [1–3], при этом достигается увеличение радиальных размеров на 0,1–0,2 % по сравнению с исходными, уменьшившимися после

эксплуатации из-за износа. Однако в случае более высокой степени износа требуется большее увеличение размеров, которое может быть достигнуто совмещением воздействия температур и внедрения в тонкие поверхностные слои элементов, образующих фазы с большим удельным объемом. Восстановление размеров изношенных изделий тепловым воздействием базируется на использовании накопленных при деформации эксплуатацией структурных изменений, связанных как с тонкой кристаллической структурой и микроструктурой, так и с напряженным состоянием. Кроме того, технология размерной восстановительной обработки не должна значительно усложнять технологический цикл и капитальные затраты на переоборудование и наладку существующей материальной базы машиностроительных предприятий.

В процессе работы осесимметричного инструмента происходит его радиальный износ, при этом термическое и химико-термическое восстановление происходит похожим образом. В случае износа до размеров, меньше допустимых, т. е. тех, после которых при термическом восстановлении

размеры входят в поле допуска [2], происходит катастрофический износ и термическое восстановление нецелесообразно [4, 5]; в остальных случаях применение термического восстановления оправдано.

Постановка задачи. Задачей настоящей работы является разработка низкотемпературного размерного химико-термического восстановления осесимметричных изделий повышенной точности.

Изложение материала и его результаты. Материалами для исследований являлись конструкционная 35ХГСА и быстрорежущие стали состава типа Р6М5. Для термического восстановления отбирали детали транспорта и группы сверл в состоянии после износа при эксплуатации в условиях машиностроительных предприятий Донбасса. Инструмент и детали нагревали в камерной печи при температурах 500–650 °С с шагом 50 °С в течение 5–10 ч. Перед нагревом до температуры восстановления для его ускорения проводили окисление [6] с одновременным просушиванием при температуре 140 °С в течение 30–40 мин в герметично закрытом тигле.

После восстановления измеряли размеры микрометром, оценивали увеличение размеров и степень восстановления. Для увеличения способности точных металлоизделий к термическому восстановлению были разработаны новые составы обмазок, в которые входят компоненты в соотношениях, представленных в таблице 1 [7, 8].

Прирост размеров после восстановительной обработки связан с увеличением удельного объема фаз в поверхностном слое. Результаты восстановления образцов из стали

35ХГСА и натуральных сверл из стали Р6М5 в разных смесях приведены на рисунках 1, 2.

Из анализа зависимости размера образцов из стали 35ХГСА от продолжительности выдержки и температуры нагрева видно, что больший прирост размеров происходит при температуре 650 °С и выдержке 10 ч. Это объясняется тем, что при увеличении выдержки и температуры скорость диффузии увеличивается. Прирост размеров после размерного термического восстановления связан с увеличением удельного объема фаз в поверхностном слое. По мере увеличения глубины азотированного слоя изменение размеров образцов наблюдается в большей мере.

Сверла имеют большую способность к восстановлению размеров, т. к. сталь Р6М5, по сравнению со сталью 35ХГСА, имеет больше фаз внедрения в матрице, более высокий исходный уровень напряжений структурных, термических и связанных с формой изделия и условиями эксплуатации. Однако с увеличением температуры восстановления сталь 35ХГСА ведет себя более прогнозируемо в сравнении со сталью Р6М5 и рабочие размеры равномерно растут. Такое отличие может быть связано с релаксацией исходных напряжений, началом и развитием процессов отпуска в поверхностных слоях в стали Р6М5, претерпевающих в процессе эксплуатации вторичную закалку [9].

Полученный прирост размеров на образцах из стали 35ХГСА позволяет прогнозировать прирост размеров на осесимметричных деталях шахтной гидравлики, например, на цилиндре (рис. 3).

Таблица 1

Состав обмазок для размерного химико-термического восстановления

Смесь	Компоненты смеси, % масс.				
	Мочевина	Древесный уголь	Оксид алюминия (Al_2O_3)	Жидкое стекло	Углекислый барий ($BaCO_3$)
1	80	12	2,5	5,5	нет
2	93	нет	2	5	нет
3	54	30	5	5	6

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

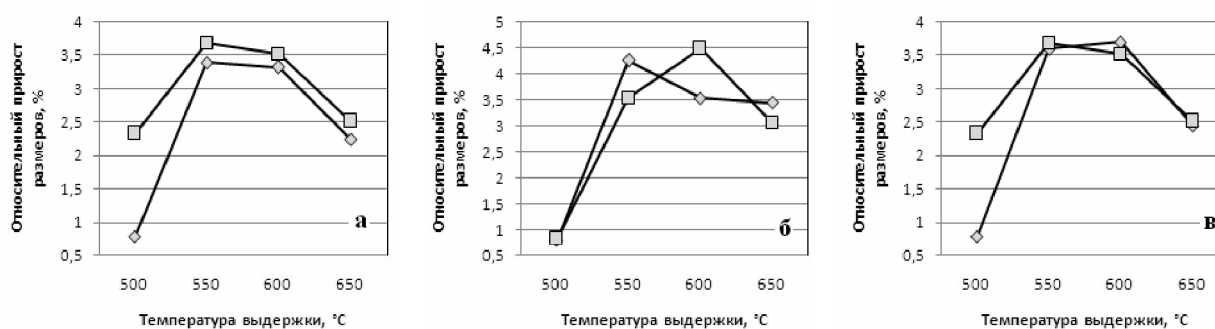


Рисунок 1 Результаты химико-термического размерного восстановления проб из стали 35ХГСА в обзаках состава: а) 1; б) 2; в) 3; при выдержке: \blacklozenge – 5 ч; \blacksquare – 10 ч.

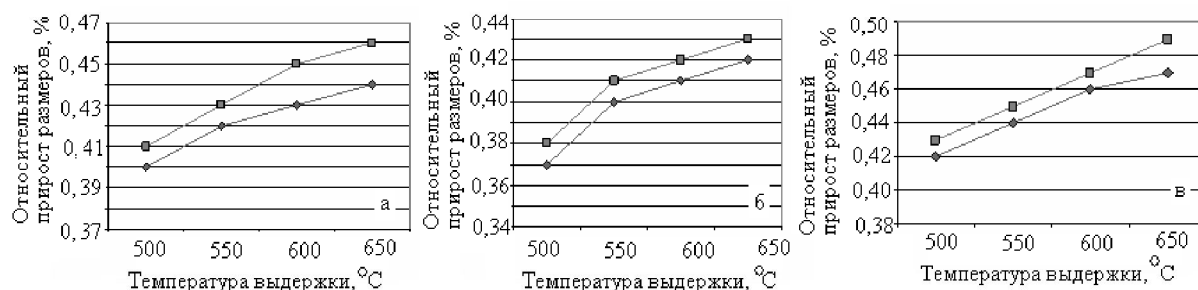


Рисунок 2 Результаты химико-термического размерного восстановления сверл из стали Р6М5 в обзаках состава: а) 1; б) 2; в) 3; при выдержке: \blacklozenge – 5 ч; \blacksquare – 10 ч.

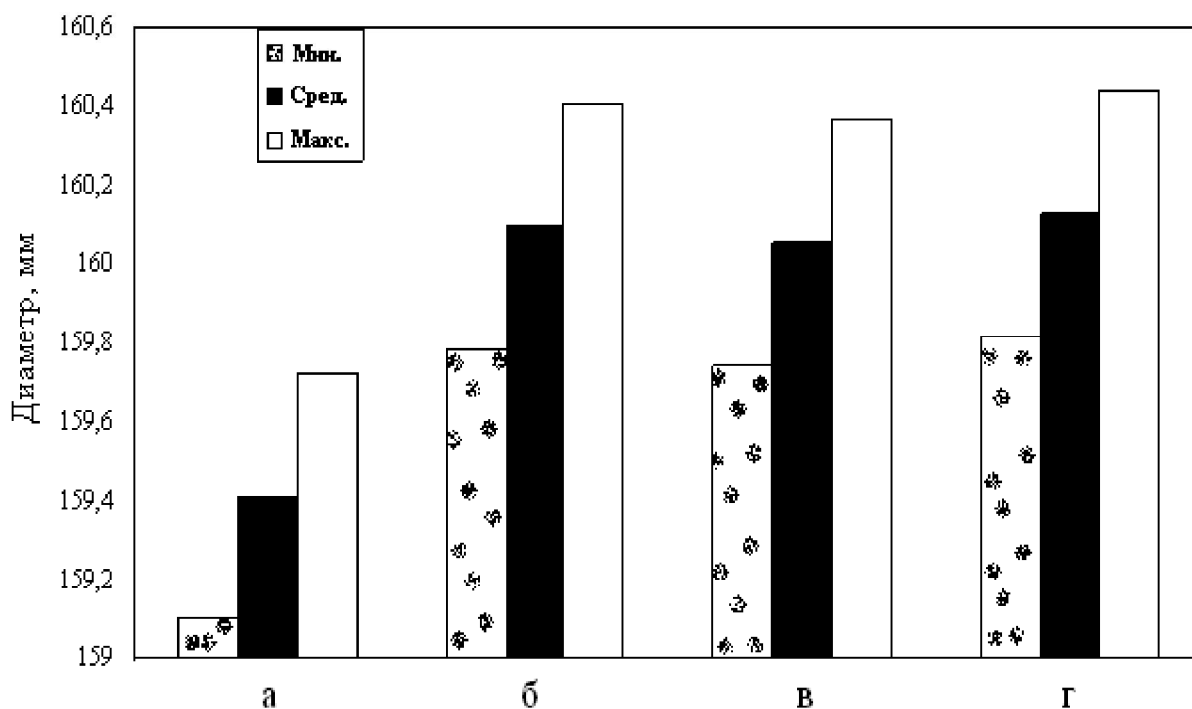


Рисунок 3 Прогнозируемое изменение размеров детали цилиндр после химико-термического восстановления в обзаках из разработанных составов: а) размеры после износа; после восстановления в смеси: б) 1; в) 2; г) 3.

Восстановление базируется на тех трансформациях структуры, которые происходят при работе инструмента и деталей точного машиностроения.

Были проанализированы факторы, оказывающие влияние на механизм восстановления рабочих размеров быстрорежущего инструмента и деталей повышенной точности после трансформации микроструктуры в результате эксплуатации. Факторы можно разделить на группы, начиная с периода кристаллической решетки, в которой движущей силой является растворение инородных атомов, увеличивающих ее период. Блочная структура металла при дроблении и объединении субгранц, полигонизация, со всеми основными зернограничными реакциями влияют на способность к восстановлению. Карбидная фаза влияет на способность к размерному восстановлению изделий по сложной зависимости, включающей тип, количество и размер карбидов, их распределение и фактор их формы. Структурные и термические, кристаллизационные и деформационные напряжения влияют на геометрию самого изделия, при этом изменяются условия и характер влияния.

Анализ вклада в изменение радиальных размеров осесимметричных изделий при термическом восстановлении показал, что наиболее весомым фактором является деформационное напряжение, полученное после цикла эксплуатации. При изменении размеров (радиальных и продольных) после термического восстановления изменяется объем изделия, поэтому необходимо найти зависимость изменения линейных размеров от разных факторов.

При химико-термическом восстановлении влияют внедренные в поверхностные слои фазы: нитриды, бориды, карбиды. Химико-термическое восстановление под воздействием описанных выше факторов при внедрении нитридных фаз составляет, по разным данным, 3–7 % [9]. При диффузионном насыщении поверхности или тепловой поверхностной обработке, кроме того, существенное влияние на изменение

линейных размеров изделий составляют напряжения сжатия в поверхностных слоях и растягивающие напряжения в центральной зоне изделий [10].

Все названные факторы влияют на способность к восстановлению и на способность каждого фактора в отдельности вносить свой вклад в изменение размеров изделий. Аналитически эти факторы можно выразить их суммой, однако с учетом знака воздействия, так как не все перечисленные факторы ведут к увеличению размеров и, следовательно, к их восстановлению.

В работе [11] подробно рассмотрен вклад напряжений в изменение радиальных размеров осесимметричных изделий при термическом восстановлении на примере деформационных, полученных после цикла эксплуатации, и структурных, которые появляются при фазовых превращениях. Показан теоретический расчет изменения радиусов после термического восстановления, вычислено суммарное среднее увеличение объема сверл из стали Р6М5, составляющее 7,4 %. Теоретическое увеличение объема образцов, вырезанных из деталей гидравлики шахтной крепи, изготовленных из стали 35ХГСА, составляет около 4,5 % [11]. При этом, как показано в настоящей работе, изменение диаметра сверл составляет 3–5 % (рис. 1), а изменение размеров детали цилиндр - около 0,4–0,5 % (рис. 2). Различие теоретических и полученных на практике значений может быть связано с тем, что модель зависимости изменения объема изделия от структурных и геометрических факторов не учитывает все природные, технические и металлогенетические факторы [12], а только показывает наиболее весомые.

Выводы и направление дальнейших исследований.

Оптимальные режимы размерного термического восстановления, позволяющие повысить работоспособность изделий повышенной точности, включают этапы эксплуатации до определенной степени износа и азотирования в разработанных образках.

Размерное термическое восстановление путем азотирования обеспечивает восстановление радиальных размеров осесимметричных изделий, изношенных при эксплуатации, в интервале 4–5 % для сверл из стали Р6М5 и 0,37–0,48 % для деталей транспортного оборудования из конструк-

ционных сталей и тем самым продлить срок их эксплуатации.

Дальнейшие исследования направлены на размерное термическое и химико-термическое восстановление асимметричных изделий и локальное восстановление.

Библиографический список

1. Алімов, В. І. Відновлення інструменту зі швидкорізальної сталі [Текст] / В. І. Алімов, М. Т. Єгоров, М. В. Афанасьєва // Зб. Матеріалів XI Міжнародної науково-технічної конференції. — Запоріжжя, 2008. — С. 143–145.
2. Алимов, В. И. Концептуальная оценка факторов размерного термического восстановления радиальных размеров стержневых осесимметричных изделий [Текст] / В. И. Алимов, М. В. Георгиаду, А. Б. Белевцов // Актуальні проблеми фізико-хімічного матеріалознавства: Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. — Краматорск, 2014. — № 4 (102). — С. 135–143.
3. Alimov, V. I. Size restoration tool by chemical-thermal treatment [Текст] / V. I. Alimov, M. V. Georgiadou, L. O. Zheltobruh // Стратегия качества в промышленности и образовании : Сб. Материалов VII Международной конференции. — Варна, Болгария, 2011. — С. 52–55.
4. Алимов, В. И. Размерное восстановление деталей гидравлики горного оборудования наращиванием изношенных слоев [Текст] / В. И. Алимов, М. В. Георгиаду, А. И. Шевелев // Уголь Украины. — 2015. — № 3–4 (699–700). — С. 60–62.
5. Алимов, В. И. Трансформация размерного состава карбидов при вторичном переделе быстрорежущего инструмента [Текст] / В. И. Алимов, Ю. В. Лобкова, М. В. Георгиаду // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2011. — № 12 (177). — С. 308–315.
6. Алимов, В. И. Продукты окисления на стали как интенсификаторы химико-термической обработки [Текст] / В. И. Алимов, А. П. Штихно, М. В. Георгиаду // Металургія: Наук. Праці ДонНТУ. — 2007. — № 10 (175). — С. 208–211.
7. Пат. 55083 Україна, МПК(2009), С23С 8/26. Спосіб відновлення робочих розмірів стрижневих виробів / В. І. Алімов, Л. О. Желтобрюх, М. В. Георгіаду; заявник і патентовласник Алімов В. І. — u201004515; заявл. 19. 04. 2010; опубл. 25.07.2011, Бюл. № 14. — 4 с.
8. Пат. 61491 Україна, МПК(2009), С23С 8/26. Спосіб відновлення розмірів інструменту та деталей машин / В. І. Алімов, О. І. Шевелев, Л. О. Желтобрюх, М. В. Георгіаду; заявник і патентовласник Алімов В. І. — № u201014347; заявл. 30. 11. 2010; опубл. 25.07.2011, Бюл. № 14. — 4 с.
9. Баранов, А. А. Фазовые превращения и термо-циклирование металлов [Текст] / А. А. Баранов. — К. : Наукова думка, 1974. — 232 с.
10. Каратеев, А. М. Повышение эффективности азотирования за счет применения вещества с высоким содержанием азота [Текст] / А. М. Каратеев, А. А. Павлюченко, Е. А. Костик // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2005. — № 4 (16). — С. 59–64.
11. Алимов, В. И. Концептуальная оценка факторов размерного термического восстановления радиальных размеров стержневых осесимметричных изделий [Текст] / В. И. Алимов, М. В. Георгиаду, А. Б. Белевцов // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. — 2013. — № 4 (102). — С. 135–144.
12. Алимов, В. И. Создание и использование анизотропии коррозионной устойчивости в высокоуглеродистых сплавах [Текст] / В. И. Алимов, Д. А. Баранов // Восточно-европейский журнал передовых технологий. — 2010. — № 4/1(46). — С. 62–70.

© Алимов В. И.
 © Георгиаду М. В.
 © Генкузина В. О.
 © Георгиадис Т.

Рекомендована к печати д.т.н., проф., зав. каф. МЧМ ДонГТУ Новохатским А. М.

Статья поступила в редакцию 09.01.17.

**д.т.н. Алімов В. І., Георгіаду М. В., Генкузіна В. О. (ДОЗВПО ДонНТУ, м. Донецьк, ДНР),
Георгіадіс Т. (ВТУЗ Західної Македонії, м. Козані, Греція)**

Розмірне хіміко-термічне відновлення деталей транспортного устаткування та інструменту підвищеної точності

Розроблено нові склади обмазок для розмірного хіміко-термічного відновлення деталей транспортного устаткування та швидкорізального інструменту. Удосконалено технологію відновлення шляхом введення у відновлювальний процес етапу попереднього окиснення. Показано, що радіальні розміри, що зменшилися при експлуатації внаслідок зношування, відновлюються до вихідного стану. Запропоновані склади забезпечують подовження строку експлуатації виробів підвищеної точності.

Ключові слова: *зношування, розмірне термічне відновлення, хіміко-термічна обробка, склади обмазок, попереднє окиснення.*

**Doctor of Tech.Sc. Alimov V. I., Georgiadu M. V., Genkuzina V. O. (DonNTU, Donetsk, DPR),
Georgiadis T. (West Makedonia Technical University, Kozani, Greece)**

DIMENSIONAL CHEMICAL-THERMAL RECOVERY OF HANDLING EQUIPMENT PARTS AND HIGH ACCURACY TOOLS

New coating compounds for dimensional chemical-thermal recovery of handling equipment parts and high-speed tools are developed. New reducing technology has been improved by implementing preliminary oxidation stage into recovery process. It was indicated, that radial dimensions getting smaller due to operational wear are recovered to initial state. Proposed compounds provide increasing the operational service life for high accuracy parts.

Key words: *wear, dimensional thermal recovery, chemical-thermal processing, coating compounds, preliminary oxidation.*