

УДК 669.1:621.7

В. И. АЛИМОВ^а, М. В. ГЕОРГИАДУ^а, А. Б. БЕЛЕВЦОВ^б

^а ГВУЗ «Донецкий национальный технический университет», ^б ММЗ филиал АО «Норд»

КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ФАКТОРОВ РАЗМЕРНОГО ТЕРМИЧЕСКОГО ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАДИАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ СТЕРЖНЕВЫХ ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ ИЗДЕЛИЙ

Установлена принципиальная возможность восстановления изношенного в ходе эксплуатации быстрорежущего инструмента и деталей точного машиностроения в границах допустимых размеров, а также сломанного инструмента, минуя этап переплава. Исследованы закономерности изменения радиальных размеров металлорежущего осесимметричного инструмента из быстрорежущих сталей под влиянием низкотемпературного химико-термического воздействия. Показана концептуальная возможность моделирования изменения радиальных размеров под действием термического и химико-термического влияния. Рассмотрены особенности поведения поверхности материала инструмента с разными исходными структурами при нагревах под термическую обработку. Результаты работы имеют научное и практическое значение в области восстановления прецизионного металлорежущего инструмента, инструмента повышенной точности и других металлических изделий, количественного прогнозирования изменения размеров при восстановлении, изучения поведения поверхности с разными структурами при термическом влиянии на них.

быстрорежущий инструмент, износ, граница допуска, термическое восстановление, радиальный размер, фазы, удельный объем, поверхность, структура

ФОРМУЛИРОВКА ПРОБЛЕМЫ

В производственных условиях металлорежущий инструмент и детали точного машиностроения зачастую изымают из технологического цикла вследствие несоответствия рабочих размеров, что связано с износом поверхности разной степени, в том числе и с катастрофическим, и поломкой инструмента по разным причинам. Восстановление различными способами всегда предпочтительнее полного изъятия из эксплуатации дорогостоящих прецизионных изделий, однако в разных условиях способы восстановления имеют свои особенности и должны быть оптимизированы.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

В условиях мелкосерийного и серийного производства находит применение термическое восстановление [1, 2], которое не требует значительных капиталовложений в новое оборудование и не усложняет технологический цикл. При поломке и катастрофическом износе инструмента можно проводить его восстановление, минуя цикл переплава, используя накопленные дефекты структуры [3]. Восстановление размеров изношенных изделий тепловым воздействием базируется на использовании накопленных при эксплуатации структурных изменений, связанных с тонкой кристаллической структурой и микроструктурой, и с напряженным состоянием.

ЦЕЛЬ

Целью данной работы является концептуальный анализ и прогнозирование факторов, влияющих на способность к термическому восстановлению радиальных размеров осесимметричных изделий из быстрорежущих и конструкционных сталей.

ОСНОВНОЙ МАТЕРИАЛ

Основными материалами для исследований служили быстрорежущие стали Р6М5, Р18, твердый сплав ВК15, конструкционная сталь 35ХГСА. Для термического восстановления отбирали группы сверл, инструмента для холодной деформации, детали гидравлики шахтной крепи в состоянии после износа при эксплуатации в условиях машиностроительных заводов разной направленности Донецкой и Луганской областей Украины. Инструмент и детали нагревали в камерной печи при температурах 560 ± 20 °С в течение нескольких часов; температуру нагрева, длительность выдержки выбирали в зависимости от степени износа изделия и его материала. После восстановления измеряли размеры микрометром и оценивали степень восстановления. Микроструктуру определяли с помощью микроскопов МИМ-7, Neophot-21 при различных увеличениях.

В процессе работы осесимметричного инструмента происходит его радиальный износ, при этом термическое и химико-термическое восстановление происходит по аналогичной схеме. В случае износа до размера, меньше допустимого, т. е. того размера, после которого при термическом восстановлении размеры входят в поле допуска, происходит катастрофический износ, термическое восстановление в таком случае не применяют; в остальных случаях проведение термического восстановления целесообразно. Схема, характеризующая изменение размеров от нового до изношенного и термически или химико-термически восстановленного осесимметричного изделия, показана на рисунке 1.

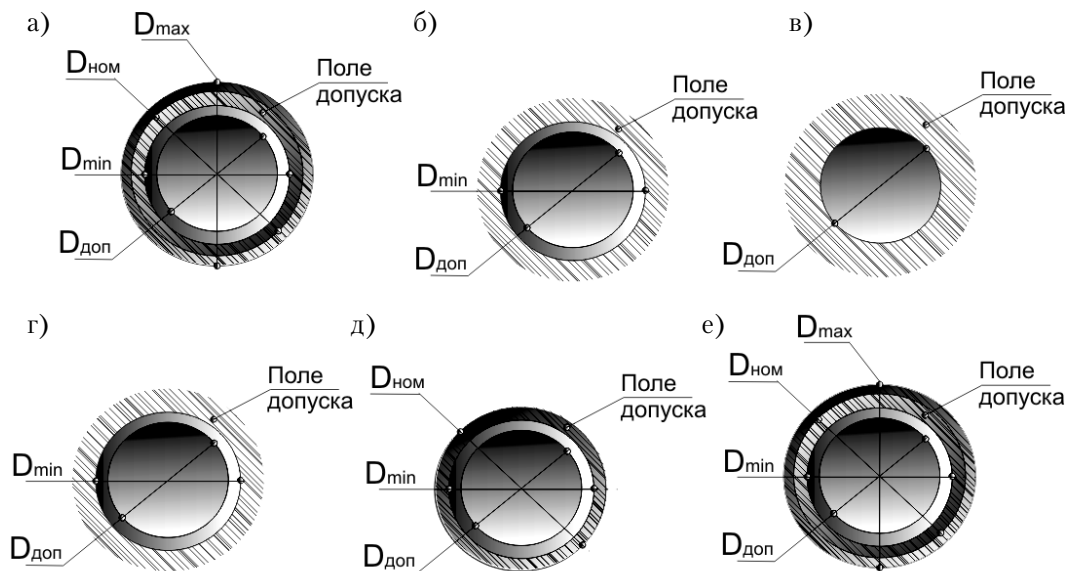


Рисунок 1 – Концептуальная схема размерного восстановления изношенных осесимметричных изделий повышенной точности: а – новое изделие; б – после износа ниже номинального размера; в – после износа ниже минимального значения; г – термически восстановленное после износа меньше минимального значения; д – термически или химико-термически восстановленное изделие в поле допуска; е – химико-термически восстановленное; D_{\max} – максимальный размер нового изделия; $D_{\text{ном}}$ – номинальный размер (реальный размер изделия); D_{\min} – минимальный размер; $D_{\text{доп}}$ – допустимый размер, после которого при термическом восстановлении размеры входят в поле допуска.

Восстановление основывается на тех изменениях структуры, которые происходят при работе инструмента и других деталей точного машиностроения. Для корректного назначения режима восстановительной обработки необходимо провести анализ структурных повреждений после цикла эксплуатации. Известно, что при работе инструмента происходит трение его поверхности и деталей, которые он обрабатывает, что приводит к значительному разогреву тонких поверхностных слоев, изменению их структуры [4]. Температуры разогрева могут превышать $1\ 100$ °С, при этом образуются структуры вторичной закалки, связанные с повышенным содержанием остаточного аустенита [4].

Объяснить высокую твердость и стойкость аустенита в поверхностном слое можно тем, что в процессе разогрева при трении происходит деформация, происходит явление фазового наклепа, появляются значительные искажения II рода, дробятся блоки мозаики. Фактически в поверхностном слое происходит термомеханическая обработка с той лишь разницей, что осуществляется она под действием эксплуатационных нагрузок, при смена превращений происходит за малые временные промежутки; при кратковременных охлаждениях все стадии рекристаллизации произойти не успевают.

Инструмент воздействует на обрабатываемый материал, при этом происходит и обратное его влияние из-за налипания стружки по задним режущим граням, происходит их разогрев и своеобразная «термическая спайка» обрабатываемого и обрабатывающего материалов.

Факторы, влияющие на механизм восстановления рабочих размеров быстрорежущего инструмента и прецизионных деталей после цикла эксплуатации, можно разделить на группы, начиная от уровня кристаллической решетки, в которой движущей силой есть растворение инородных атомов, увеличивающих ее период. Блочная структура металла при дроблении и объединении субграней полигонизацией и всеми основными зернограницными реакциями оказывают существенное влияние на способность к восстановлению. Карбидная фаза оказывает влияние на способность к размерному восстановлению изделий по сложной зависимости, которая включает тип, количество и размер карбидов, их распределение и фактор формы. Структурные и термические, кристаллизационные и деформационные напряжения оказывают влияние и на геометрию самого изделия, при этом меняются условия и характер влияния.

Машиностроители давно [5] учитывают влияние деформации и термической обработки на размер готовых изделий, известно [6–9], что при высоких степенях деформации порядка 40 % в перлите происходит частичное растворение карбидных частиц с вытеснением углерода в область планарных дефектов в карбидах и границ дислокаций в феррите. При этом происходит растворение карбидных частиц и их выделение внутри ламелей феррита, что сопровождается увеличением удельного объема γ -железа. Из-за растворения углерода в α -железе удельный объем феррита увеличивается и при мартенситном превращении прирост размеров может достигать 1,0–1,5 после закалки или даже 2,0–3,5 % в случае изотермического неравновесного распада аустенита, т. к. мартенсит обладает наибольшим удельным объемом [4, 5]. При отпуске закаленной стали происходит частичное растворение карбидов и уменьшение удельного объема структурных составляющих. По другим данным [10, 11], удельный объем железа составляет 0,12700 см³/г, а уже феррита – 0,12708 см³/г, аустенит в стали с содержанием углерода 1,26 % имеет удельный объем 0,12579 см³/г, после закалки происходит увеличение удельного объема на почти 4 % и становится равным 0,13074 см³/г, после отпуска удельный объем уменьшается на 0,7 % (0,1290 см³/г). Таким образом, многие исследователи приводят различные данные, показывающие изменение размеров при воздействии температурного фактора, однако не используют эти изменения для восстановления размеров металлоизделий, относящихся к точному машиностроению, а стараются предупредить или снизить степень влияния.

Однако не только фазовый состав, протяженность границ зерен, зернограницные реакции, напряжения I, II, III рода, а в случае легированных инструментальных и быстрорежущих сталей – состав, расположение, морфология и распределение карбидов в металлической матрице влияют на изменение удельного объема [12, 13].

При увеличении количества субграней растет их удельная площадь, что приводит к увеличению размеров приблизительно на 0,7–1,0 % [10, 11]. Объединение субграней приводит к некоторому (0,5–0,8 %) сокращению продольных размеров цилиндрических изделий. Полигонизация приводит к увеличению размеров изделий на 0,8–1,0 %. Зернограницные реакции в суммарном своем действии приводят к увеличению размеров порядка 1,3–1,5 % [10, 11].

Карбидная фаза на размерные изменения при термическом восстановлении влияет неоднозначно ввиду сложного характера этого влияния. Увеличение количества карбидной фазы приводит к увеличению размеров при термическом восстановлении. Неравноосные карбиды меньше влияют на увеличение объема изделий в сравнении с теми, что имеют правильную форму, чем больше дисперсность карбидов, тем больше углерода может раствориться в ферритной матрице при низкотемпературном восстановлении, и таким образом больше увеличивается объем изделия. Чем меньше строчечность карбидной составляющей, тем больше увеличивается диаметр цилиндрического изделия, или близкого к этой форме, это связано с тем, что цепочки карбидов имеют больший коэффициент термического расширения.

Растягивающие напряжения увеличивают межплоскостные расстояния решетки железа в направлении действующей силы; в случае сжимающих происходит уменьшение межплоскостных расстояний. При длительном приложении растягивающих нагрузок возникает упругое последствие, которое при релаксации приводит к увеличению размеров осесимметричных изделий.

Кристаллизационные напряжения при их релаксации приводят также к увеличению удельного объема изделий. Кубическая решетка феррита при внедрении у нее атомов углерода испытывает тетрагональное искривление, аналогичное искривлению мартенсита, однако в меньшей степени. Термические напряжения при мартенситном превращении приводят к увеличению размеров на 1 % [9]. Суммарное действие факторов напряжения приводит к увеличению размеров на 2–3 % [9–11].

Напряжения влияют также на геометрию изделия, изменяют его форму, которая тоже имеет влияние на изменение размеров. Более сложная форма изделий со множеством острых выступов и впадин в большей степени подвергается изменению размеров при термическом восстановлении. Изменение размеров изделий сложной формы, типа сверл, при термическом восстановлении составляет около 0,7 % [10].

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 % [11]. 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 [12].

Аналитически факторы, влияющие на способность изделий к термическому восстановлению, можно записать в виде математической зависимости:

$$\sum \Delta V_i = \int \Delta V_{\Sigma}, \quad (1)$$

$$\int \Delta V_{\Sigma} = \sum \Delta L_{\Sigma}; \Delta D_{\Sigma}; \Delta Z_{\Sigma}; \Delta K_{\Sigma}; \Delta S_{\Sigma}; \Delta G_{\Sigma}, \quad (2)$$

где ΔV – увеличение объема изделия;
 ΔV_i – факторы, которые вносят вклад в общее размерное изменение;
 ΔL_{Σ} – влияние кристаллической структуры;
 ΔD_{Σ} – влияние блочной структуры;
 ΔZ_{Σ} – влияние зернограницных реакций;
 ΔK_{Σ} – влияние количества, морфологии и распределения карбидной фазы;
 ΔS_{Σ} – влияние структурных напряжений;
 ΔG_{Σ} – влияние геометрии изделия.

Таким образом, все перечисленные факторы влияют не только на способность к восстановлению, но 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.

Рассмотрим более подробно 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. При изменении размеров (радиальных и продольных) после термического восстановления меняется объем изделия, поэтому необходимо найти зависимость изменения линейных размеров от различных факторов.

Для определения остаточных напряжений после деформации принято использовать метод Калакуцкого-Давиденко, при котором радиальные напряжения определяются как напряжение в поверхностном слое и внутренней части толстостенного цилиндра из формул [13]:

$$d\sigma_{nos} = \frac{2R^2}{R_{нач} - R_E} d\sigma_r^n, \quad (3)$$

$$d\sigma_r^n = \sigma_0^n \frac{dR}{R}, \quad (4)$$

$$d\sigma_0^{nos} = \frac{E}{1-\mu^2} (dE_0^{nos} - \mu dE_1^{nos}), \quad (5)$$

$$\sigma_0^n = (F_с - F_{нач}) \frac{E}{1-\mu^2} \left(\frac{dE_0^{nos}}{dF} - \mu \frac{dE_1^{nos}}{dF} \right), \quad (6)$$

где $d\sigma_{nos}$ – изменение напряжений;
 $R_{нач}, R_E$ – начальный радиус и после термического восстановления;
 $d\sigma_r^n$ – внутреннее давление;
 σ_0^n – окружное (радиальное) напряжение;
 $F_с, F_{нач}$ – восстановленная и начальная площадь поперечного сечения изделия;
 E – модуль упругости I рода;
 μ – коэффициент Пуассона;

$dE_0^{ноэ}$, $dE_l^{ноэ}$ – изменение радиального и продольного напряжений.
 $\sigma_r'' = 0$, т. к. радиальное напряжение σ_r'' изменяется в пределах слоя dR от 0 до $d\sigma_r''$.

Радиальное напряжение σ_0'' можно выразить через напряжение в слое dR с радиусом R при изменении слоев из центра к поверхности:

$$\sigma_0'' = -\int d\sigma_E = \frac{E}{1-\mu^2} (E_l^{ноэ} - \mu dE_0^{ноэ}), \quad (7)$$

где $E_l^{ноэ}$, $dE_0^{ноэ}$ – относительное изменение длины и внешнего диаметра цилиндрического осесимметричного изделия при термическом восстановлении.

$$\sigma_0'' = \frac{E}{1-\mu^2} \frac{F_6 - F_{нач}}{2F_{нач}} (E_l^{ноэ} - \mu dE_0^{ноэ}). \quad (8)$$

Таким образом, из приведенных выше формул диаметр восстановленного осесимметричного изделия можно найти как отношение:

$$d = \sqrt{\frac{2\pi(F_6 - F_{нач})(E_0^{ноэ} - \mu E_l^{ноэ})}{F \frac{(dE_0^{ноэ} + \mu dE_l^{ноэ})}{dF}}}. \quad (9)$$

При поверхностном разогреве под воздействием эксплуатации [4] тепловая деформация полностью переходит в упругую, таким образом:

$$\sigma = \alpha tE, \quad (10)$$

где σ – напряжения в деформированном изделии;
 α – коэффициент теплового расширения;
 t – изменение температуры;
 E – модуль упругости.

Чем менее пластичным является материал, тем больше величины тепловых напряжений, чем жестче условия эксплуатации, тем большее влияние они имеют, следовательно, быстрорежущие стали, используемые для производства инструмента, и конструкции из углеродистых сталей будут иметь значительное различие по деформации и способности к восстановлению при обработке.

При этом σ может быть приближенно оценена исходя из остаточных радиальных напряжений:

$$\sigma_{рад} = \frac{ER_g}{3\pi R_{нач}^2}. \quad (11)$$

Значит

$$R_g = 3\pi\alpha tR_{нач}^2. \quad (12)$$

Аналогично производится расчет и для других факторов, которые вносят вклад в изменение размеров при термическом восстановлении.

Произведенный расчет на образцах размерами 10×10×10 мм, вырезанных из плунжера из конструкционной стали 35ХГСА, показывает, что увеличение размеров складывается из растворения в кристаллической решетке α -железа углерода, легирующих элементов и примесей; при химико-термическом размерном восстановлении в поверхностный слой внедряется атомарный азот и углерод, которые образуют в металлической матрице нитриды, карбиды, интерметаллиды, при этом размеры увеличиваются на 1–3 %; влияние блочной структуры и зернограничных реакций проявлены в малой степени, карбидная фаза не оказывает заметного влияния; структурные напряжения при закалке приводят к увеличению размеров, в среднем, на 1 %, однако размеры уменьшаются после отпуска и суммарное воздействие характерной термообработки приводит к увеличению размеров на 0,4–0,6 %; деформация после эксплуатации, в процессе изготовления образцов из детали «Плунжер», была сведена к минимуму; образцы имели форму куба, следовательно, фактор формы существенно не влияет. При расчетах использовали данные $t_{оооотт} = 550$ °С, модуль упругости $E = 200$ ГПа, радиальное напряжение $E_0^{ноэ} = 0,92$ ГПа, продольное $E_l^{ноэ} = 0,88$ ГПа, коэффициент Пуассона $\mu = 0,28$. Увеличение объема образцов из стали 35ХГСА, опираясь на теоретический расчет, составляет: $\Sigma\Delta V_i = 4,5$ %.

При расчете изменения размеров при термическом восстановлении сверл диаметром 20 мм из стали Р6М5 увеличение объема складывается из тех же факторов, что и для образцов из стали 35ХГСА, с разницей в степени влияния растворенных элементов в кристаллической решетке железа, легирующих элементов, нитридов, карбонитридов, карбидов и составляет, в среднем, 2–3 %; карбидная составляющая оказывает влияние, при равномерном расположении и малом номере строчечности,

около 1,5 %, при большом – 0,8–1,0 %; напряжения после эксплуатации, деформации и изменения структуры тонкого поверхностного слоя оказывают более заметное влияние на увеличение размеров сверл; влияние формы изделия складывается из сложной формы самого сверла и деформации сверла при эксплуатации при действии фактора напряжений. При расчетах использовали данные: $r = 10$ мм, $t_{\text{восст}} = 550$ °С, модуль упругости $E = 192$ ГПа, радиальное напряжение $E_0^{\text{нос}} = 0,97$ ГПа, продольное $E_l^{\text{нос}} = 0,88$ ГПа, коэффициент Пуассона $\mu = 0,25$. Были рассчитаны радиусы после термического восстановления, вычислено суммарное среднее увеличение объема сверл из стали Р6М5, которое составляет, опираясь на теоретический расчет, $\Delta V_i = 7,4$ %.

Таким образом, увеличение размеров сверл при термическом восстановлении почти на 60 % больше, чем образцов, вырезанных из плунжера, что может быть объяснено более сложным исходным химическим составом, формой и условиями работы изделий.

Были проведены исследования, направленные на изучение способности к термическому восстановлению быстрорежущего инструмента и деталей точного машиностроения, которые подтвердили теоретические данные. При мартенситном превращении в стали 35ХГСА происходит увеличение радиальных размеров осесимметричных изделий, в среднем на 1,0–1,5 %, при отпуске размеры уменьшаются в том же направлении на величину менее 1 % [13–16]. Снижение остаточных напряжений и структурные изменения, происходящие при низкотемпературных нагревах после цикла эксплуатации, приводят к увеличению размеров в среднем на 1,5–2,0 % [1].

При проведении низкотемпературного азотирования, как способа химико-термического восстановления, размеры увеличиваются на 4–5 % для стали (Р6М5) [15], исследования проводили на быстрорежущих (рис. 2а) и конструкционных (рис. 2б) сталях.

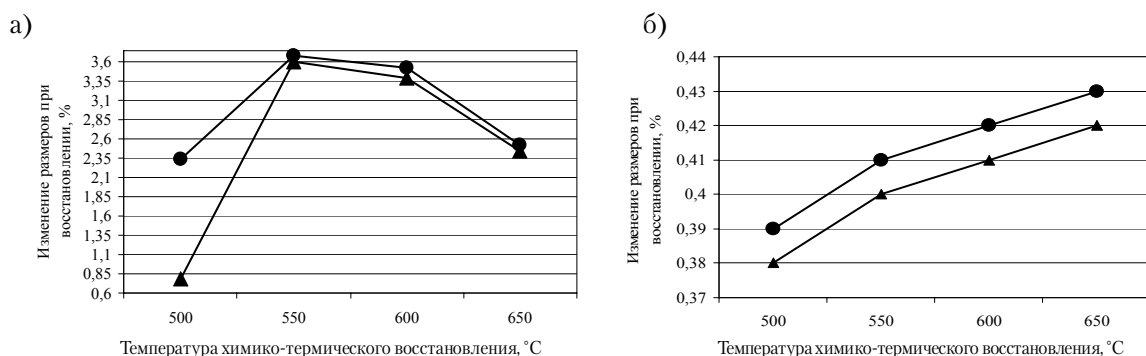


Рисунок 2 – Зависимость изменения размеров изделий при химико-термическом восстановлении, %, от температуры, °С и времени выдержки, ч: а) – сверл из стали Р6М5; б) – плунжера из стали 35ХГСА (▲ – 5 ч, ● – 10 ч).

Сверла имеют большую способность к восстановлению размеров, что подтверждает теоретические расчеты, приведенные выше, т. к. сталь Р6М5 по сравнению со сталью 35ХГСА имеет больше фаз внедрения в ферритную матрицу, 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 и началом и развитием процессов отпуска в поверхностных слоях в стали Р6М5, испытавших в процессе эксплуатации вторичную закалку [4, 9, 11]. Способность к восстановлению размеров в корне тесно связана с явлением наследования структуры и свойств металлами, т. н. «металлогенетики», принципами которой и можно объяснить тот факт, что количественные данные по термическому восстановлению разных исследователей не совпадают; отсюда и сложность установления точного количественного значения прироста размеров. Этими же принципами можно объяснить тот факт, что в случае выхода из строя, например быстрорежущего инструмента, и его вторичной переработки, минуя цикл переплава [17], значительно снижаются температуры его термической обработки [18], по сравнению со стандартными, при этом сохраняются эксплуатационные, технологические и механические свойства.

Интересными являются также закономерности протекания процессов окисления в быстрорежущих сталях с разной исходной микроструктурой при модельных нагревах до различных температур, т. к. влияние исходной структуры сохраняется и при высоких температурах. На рисунке 3 видна зависимость влияния исходного структурного состояния после технологических циклов на энергию

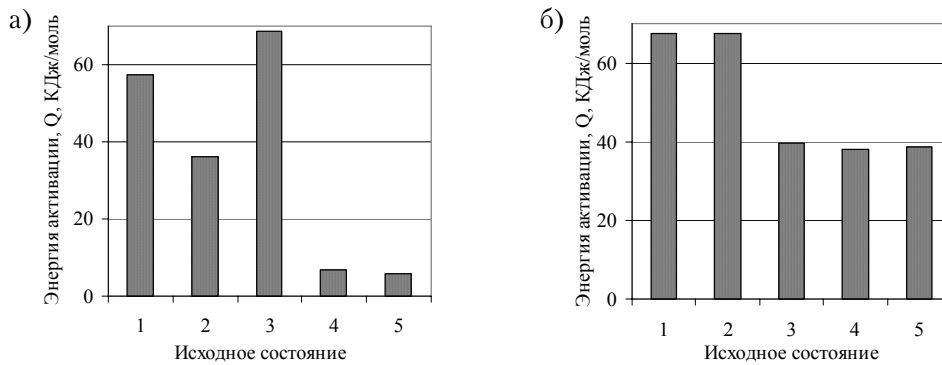


Рисунок 3 – Влияние исходной обработки на величину энергии активации при термическом восстановлении в интервале температур, °С: а) – 200–650; б) – 650–1130; в состоянии после: 1 – литья; 2 – горячей пластической деформации; 3 – сфероидизирующего отжига; 4 – механической обработки; 5 – эксплуатации.

активации при нагревах в различных температурных интервалах, от 200 до 1130 °С (значения интервалов усреднены).

Исходная структура стали Р6М5 после литья состоит из перлита, ледебурита и карбидов; после деформации – из перлита и карбидов; после сфероидизации и механической обработки – из зернистого перлита, а после эксплуатации – из мартенсита отпуска, карбидов и остаточного аустенита.

Видно, что легче всего происходит окисление структур после эксплуатации, т. к. эта структура наиболее неравновесная и разнородная, при этом исходное структурное состояние сохраняет свое влияние не только при низких температурах, но и при их повышении.

ВЫВОДЫ

1. Показана концептуальная оценка факторов размерного восстановления изношенных при эксплуатации прецизионных металлических изделий, с учетом влияния структурных, термических, химико-термических, деформационных и других факторов осесимметричных изделий.

2. Проведен анализ закономерностей изменения радиальных размеров на примере плунжера гидравлики шахтной крепи из стали 35ХГСА и металлорежущего осесимметричного быстрорежущего инструмента из стали Р6М5 при термическом восстановлении. Показана концептуальная возможность моделированием изменения радиальных размеров под действием термического и химико-термического влияния.

3. Рассмотрены особенности поведения поверхности быстрорежущего инструмента на разных этапах технологического производства и при нагревах под термическое восстановление. Наиболее подвержена окислению при нагревах структура после цикла эксплуатации, что связано с ее напряженным и разнородным состоянием.

4. Восстановленный металлорежущий инструмент обладает надлежащим уровнем свойств, при этом сокращается длительность технологического цикла производства за счет упразднения этапа переплава, снижается себестоимость восстановительной обработки.

5. Результаты работы могут быть применены в условиях мелкосерийного производства и в ремонтном производстве. Термическое восстановление позволяет увеличить изношенные размеры на 1–2 %, химико-термическое на 1,5–4,5 % (меньшие средние значения даны для конструкционной стали 35ХГСА, большие – для быстрорежущей стали Р6М5). Возможность количественного прогнозирования изменения размеров при термическом и химико-термическом восстановлении представляет интерес как в научной, так и в производственной сферах деятельности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алімов, В. І. Відновлення інструменту зі швидкорізальної сталі [Текст] / В. І. Алімов, М. Т. Єгоров, М. В. Афанасьєва // 36. Матеріалів XI Міжнародної науково-технічної конференції / Під ред. В. В. Луньова. – Запоріжжя : ЗНТУ, 2008. – С. 143–145.
2. Алімов, В. І. Відновлення швидкоріжучого інструменту [Текст] / В. І. Алімов, М. В. Георгіаду, Н. В. Жертовська // Наукові праці Міжнародної наукової конференції «І. Фещенко-Чопівський: вчений і патріот». Секція 2, «Наукова діяльність І. Фещенко-Чопівського та сучасні проблеми матеріалознавства», 28–29 жовтня 2009 р. / Під ред. З. А. Дурягіної. – Львів : Видавництво НУ «Львівська політехніка», 2009. – С. 3–4.

3. Алімов, В. І. Властивості швидкорізальної сталі після відновлення зношеного інструменту [Текст] / В. І. Алімов, М. В. Гергіаду, Н. В. Жертовська // Вісник Донбаської державної машинобудівної академії. – 2010. – № 3(20). – С. 14–17.
4. Bagheri, M. Analysis of Tool-Chip Interface Temperature with FEM and Empirical Verification [Текст] / M. Bagheri, P. Mottaghizadeh // World Academy of Science, Engineering and Technology. – 2012. – 69. – P. 434–443.
5. Раздел II: Материалы машиностроения [Текст]. Т. 3 / П. Ф. Агапов [и др.]; отв. ред. И. А. Одинг. – М.: ГНТИ Машиностроительной литературы, 1947. – 713 с. – (Машиностроение: энциклопедический справочник: в 15-ти т. / гл. ред. Е. А. Чудаков).
6. Изменение структуры перлита в заэвтектидной стали и железнодорожном колесе в условиях усталостного нагружения [Текст] / Р. А. Саврай, А. В. Макаров, В. М. Счастливец [и др.] // Материалы IV Российской научно-технической конференции «Ресурс и диагностика материалов и конструкций» / Под. ред. В. М. Счастливецова. – Екатеринбург: Институт машиноведения УроРАН, 2009. – С. 15–23.
7. Нечаев, Ю. С. Распределение углерода в сталях [Текст] / Ю. С. Нечаев // Успехи физических наук. – 2011. – Т. 181, № 5. – С. 483–490.
8. Фазовый состав и тонкая структура литой стали P18 электрошлакового переплава [Текст] / Ю. П. Хараев, О. А. Власова, А. М. Гурьев [и др.] // Ползуновский вестник. – 2007. – № 3. – С. 157–161.
9. Sinha, A. K. Defects and distortion in heat treated parts [Текст] / A. K. Sinha // ASM Handbook. Volume 4: Heat Treating / Edited by: ASM International Handbook Committee. – [S. l.]: ASM International, 1991. – P. 601–619.
10. Гудремон, Э. Специальные стали [Текст]. Т. 1. Пер. с нем. / Э. Гудремон; – Изд. 2-е, сокр. и перераб. – Москва: Металлургия, 1966. – 736 с.
11. Баранов, А. А. Фазовые превращения и термо-циклирование металлов [Текст] / А. А. Баранов. – К.: Наукова думка, 1974. – 232 с.
12. 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.
13. Фридман, Я. Б. Механические свойства металлов [Текст] / Я. Б. Фридман. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Оборонгиз, 1952. – 556 с.
14. Пат. 12538 Україна, МПК C21D 9/22, B 27 B 33/00. Спосіб відновлення інструменту зі швидкорізальної сталі [Текст] / Алімов В. І., Оліфіренко А. В., Шевелєв О. І.; заявник і патентовласник Донецький національний технічний університет. – № u200507622; заявл. 01.08.2005; опубл. 15.02.2006, Бюл. № 2. – 3 с.
15. Пат. 37861 Україна, МПК C21D 9/22, C 04 B 35/26. Спосіб відновлення поверхні інструмента зі швидкорізальної сталі [Текст] / Алімов В. І., Георгіаду М. В., Дурягіна З. А.; заявник і патентовласник Алімов В. І., Георгіаду М. В., Дурягіна З. А. – № u200809211; заявл. 14.07.2008; опубл. 10.12.2008, Бюл. № 23. – 3 с.
16. Alimov, V. I. Size restoration tool by chemical-thermal treatment [Текст] / V. I. Alimov, M. V. Georgiadou, L. O. Zheltobruh // VII Международная конференция «Стратегия качества в промышленности и образовании», 3–10 июня 2011 г., Варна, Болгария = «Strategy of Quality in Industry and Education»: материалы: в 3-х т. Т. 2. / М-во пром. политики Украины, Госпотребстандарт Украины, Нац. агентство аккредитации Украины, Нац. металлург. акад. Украины [НМетАУ] [и др.] – Дн.; Варна: [Економіка], 2011. – С. 52–55.
17. Herring, D. Predicting size change from heat treatment [Текст] / D. Herring, P. McKenna // Production Machining. – 2010. – № 10. – P. 311–321.
18. 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.
19. Microstructural characteristics and mechanical properties of spray formed high speed steel for work roll [Текст] / C. D. Zhou, J. F. Fan, H. R. Le [et al.] // Acta Metallurgica sinica (English letters). – 2004. – Vol. 17, № 4. – P. 548–553.

Получено 05.06.2013

**В. І. АЛІМОВ^а, М. В. ГЕОРГІАДУ^а, О. Б. БЄЛЄВЦОВ^б
 КОНЦЕПТУАЛЬНА ОЦІНКА ФАКТОРІВ РОЗМІРНОГО ТЕРМІЧНОГО
 ВІДНОВЛЕННЯ РАДІАЛЬНИХ РОЗМІРІВ СТРИЖНЕВИХ
 ВІСЬОСИМЕТРИЧНИХ ВИРОБІВ**

^а ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», ^б ММЗ філія АТ «Норд»

Встановлено принципову можливість відновлення зношеного при експлуатації швидкорізального інструменту та деталей точного машинобудування в межах допустимих розмірів, а також зламано інструменту, мінаючи етап переплаву. Досліджено закономірності зміни радіальних розмірів металорізального вісьосиметричного інструменту зі швидкорізальних сталей під впливом низькотемпературного хіміко-термічного впливу. Показана концептуальна можливість моделювання зміни радіальних розмірів під впливом термічного та хіміко-термічного відновлення. Розглянуто особливості поведінки поверхні матеріалу інструменту з різними вихідними структурами при нагрівах під термічне оброблення. Результати роботи мають наукове та практичне значення в галузі відновлення

прецизійного металорізального інструменту, інструменту підвищеної точності та інших металевих виробів, кількісного прогнозування зміни розмірів при відновленні, вивченні поведінки поверхні з різними структурами при термічному впливі на них.

швидкорізальний інструмент, знос, межі допуску, термічне відновлення, радіальний розмір, фази, питомий об'єм, поверхня, структура

VALERIY ALIMOV ^a, MARIA GEORGIADOY ^a, ALEXANDER BELEVTSOV ^b
CONCEPTUAL FACTOR SCORE OF DIMENSIONAL THERMAL RENEWAL OF
RADIAL SIZES ROD AXISYMMETRICAL WORKPIECE

^a Donetsk National Technical University, ^b MMP GmbH «Nord»

Principle possibility of renewal of high-speed instruments and details of exact machine building within bounds of possible sizes, and also broken instrument threadbare during exploitation has been carried out passing the stage of melt. Conformities to the law of change of radial sizes of metal-cutting axis symmetrical instruments are explored from high-speed steel under influencing of low temperature chemical-thermal influence have been researched. Conceptual possibility to the designs of change of radial sizes under action of the thermal and chemical-thermal influencing has been shown. The features of conduct of surface of material of instrument with different initial structures at heating under heat treatment have been considered. Working results have the scientific and practical value in area of renewal of precision metal-cutting instrument, instrument of the promoted exactness and other hardwires, quantitative prognostication of change of sizes at renewal, studies of conduct of surface with different structures at thermal influence on them.

high-speed instruments, wear, borderofadmittance, thermalrenewal, radialsizes, phases, specificvolume, surface, structure

Алімов Валерій Іванович – доктор технічних наук, професор; професор кафедри фізичного матеріалознавства Донецького національного технічного університету, член-кореспондент АГН України. Наукові інтереси: теорія, технологія і устаткування для термічної, хіміко-термічної та термомеханічної обробки металевих виробів, корозія і захист матеріалів, металогенетика, створення й захист об'єктів інтелектуальної власності.

Георгіаду Марія Вікторівна – асистент кафедри фізичного матеріалознавства Донецького національного технічного університету. Наукові інтереси: відновлення прецизійних металевих виробів.

Белевцов Олександр Борисович – заступник головного інженера ММЗ філії АТ «Норд». Наукові інтереси: теорія і практика виробництва інструменту для холодної деформації деталей енергетичного устаткування.

Алимов Валерий Иванович – доктор технических наук, профессор; профессор кафедры физического материаловедения Донецкого национального технического университета, член-корреспондент АГН Украины. Научные интересы: теория, технология и оборудование для термической, химико-термической и термомеханической обработки металлических изделий, коррозия и защита материалов, металлогенетика, создание и защита объектов интеллектуальной собственности.

Георгиаду Мария Викторовна – ассистент кафедры физического материаловедения Донецкого национального технического университета. Научные интересы: восстановление прецизионных металлических изделий.

Белевцов Александр Борисович – заместитель главного инженера ММЗ филиал АО «Норд». Научные интересы: теория и практика производства инструмента для холодной деформации деталей энергетического оборудования.

Alimov Valeriy – doctor of technical sciences, Professor, Physical Materials Science Department, faculty of Physical Metallurgy of Donetsk National Technical University, corresponding member of Academy of Mining Sciences of Ukraine. Scientific interests: theory, technology and equipment for thermal, chemical-thermal and thermo-mechanical treatment of metal products, corrosion protection materials, metal genetics, development and protection intellectual property rights.

Georgiadou Maria – Assistant, Physical Materials Science Department, faculty of Physical Metallurgy of Donetsk National Technical University. Scientific interests: renewal of precision hardwares.

Belevtsov Alexander – Deputy of main engineer MMP «Nord». Scientific interests: theory and practice of production of instrument for cold deformation of details of power equipment.