

щением в поверхностном слое покрытия при трении и его исходной высокой твердостью.

Заключение. Проведено исследование структурно-фазового состояния и триботехнических свойств гиперзвуковых газотермических покрытий из высокохромистых сталей 40X13, 95X18 и 06X19H9T. Показано, что газотермические покрытия из высокохромистых сталей содержат фазы: α -Fe, γ -Fe, Fe_3O_4 , FeO. Установлено, что в механически шлифованном покрытии из стали 95X18 регистрируется повышенное количество метастабильной γ -фазы (68 об.%), которое соизмеримо с содержанием аустенита в покрытии из аустенитной стали 06X19H9T. Показано, что покрытие из стали 95X18 характеризуется наиболее высокой износостойкостью из исследованных сталей. Сделано заключение, что высокая износостойкость покрытия из стали 95X18 достигается в результате протекающего в поверхностном слое при трении мартенситного $\gamma \rightarrow \alpha$ превращения.

УДК 621.9

ФОРМИРОВАНИЕ ЗАКОНОМЕРНО ИЗМЕНЯЮЩИХСЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТНОГО СЛОЯ ДЕТАЛЕЙ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ПОВЫШЕННОЙ ГИБКОСТИ

М.Н. Нагоркин, В.П. Фёдоров

Брянский государственный технический университет, Российская Федерация

Рассматривается пример формирования закономерно изменяющихся параметров качества поверхностей деталей, работающих в неоднородных условиях эксплуатации.

Для получения поверхностей с равномерными эксплуатационными свойствами (ЭС) необходимо использовать методы, позволяющие непосредственно в процессе обработки варьировать силовыми, кинематическими и другими технологическими факторами. Таким образом, процесс обработки при решении задачи адаптации поверхности к переменным условиям эксплуатации должен быть гибким, обеспечивающим закономерное изменение качества поверхностного слоя (КПС).

Под гибкостью технологической системы (ТС) понимается способность обеспечить заданное множество параметров КПС детали или ЭС в регламентированных интервалах с заданной надёжностью путём направленного варьирования условиями обработки и управления механизмом технологического наследования. Возможны два рода технологической гибкости систем обработки: 1) технологическая гибкость 1-го рода – воз-

возможность выбора методов обработки поверхностей и группы управляемых факторов каждого из них, постоянных по величине в пределах соответствующего перехода и обеспечивающих изотропность поверхности по регламентируемым значениям параметров КПС или ЭС с требуемой надёжностью; 2) технологическая гибкость 2-го рода – возможность выбора методов обработки поверхностей и группы управляемых факторов, одним или несколькими из которых можно программно управлять в пределах перехода по закону, обеспечивающему заданную анизотропность распределения параметров КПС или ЭС по обрабатываемой поверхности с требуемой надёжностью.

Технологическая гибкость 2-го рода присуща системам ЧПУ, где имеется возможность изменять условия обработки (факторы) программным способом в пределах перехода. Таким образом, технологическая гибкость систем обработки является одним из критериев повышения качества обрабатываемых поверхностей.

Примером реализации системы повышенной гибкости является система обработки «торцовое фрезерование композитом 10 – ППД (алмазное выглаживание (АВ) или накатывание шариком (НШ))» на фрезерном станке с ЧПУ, позволяющая программно управлять шероховатостью $R_{i\ np}$ предварительно обработанной поверхности, силой Q воздействия индентора на поверхность при обработке устройствами упругого действия программным перемещением по соответствующей координате и величиной подачи S инструмента. Это способствует формированию совершенно новых, закономерно изменяемых параметров качества обрабатываемых поверхностей.

Экспресс-диагностика ТС с ЧПУ по обеспечению заданных параметров качества обработки позволила получить зависимости вида [1]

$$R_i = b_{0i} Ra_{np}^{b_{1i}} Q^{b_{2i}} S_{ППД}^{b_{3i}}, \quad (1)$$

где R_i – параметр качества (Ra , Rp , Sm и др.); $b_{0i} \dots b_{3i}$ – коэффициенты.

Если $R_{i\ зад}$ является функцией от длины обрабатываемой поверхности и для каждого участка x_i должна составлять определенную величину $R_i(x_i)$, то это достигается, например, за счёт изменения в процессе обработки ППД силы Q , определяемой из (1)

$$Q(X_i) = \left(\frac{1}{b_{0i} Ra_{np}^{b_{11}} S^{b_{31}}} \right)^{1/b_{21}} \cdot R_{i\ зад}(X_i)^{1/b_{21}}. \quad (2)$$

Возможно управление параметром $R_i(x_i)$ за счёт технологической наследственности. В этом случае шероховатость предварительно обработанной поверхности на i -том участке должна составлять

$$Ra_{np}(X_i) = \left(\frac{1}{b_{0i} Q^{b_{21}} S^{b_{31}}} \right)^{1/b_{11}} \cdot R_{i\text{зад}}(X_i)^{1/b_{11}}. \quad (3)$$

Формулы (2) и (3) представляют собой законы для обеспечения программного управления параметром $R_{i\text{зад}}$ (заданное значение) за счёт изменения силы воздействия индентора на обрабатываемую поверхность (Ra_{np} , $S = const$, $Q = var$) и за счёт использования фактора технологической наследственности ($R_{i\text{np}} = var$, $Q, S = const$).

В машиностроении распространена неоднородность воздействия внешних факторов в виде трапецеидального закона распределения нагрузок при эксплуатации и др. эксплуатационных воздействий [2]. В этом случае может оказаться эффективным трапецеидальный закон изменения силы при финишной обработке ППД плоских поверхностей типа направляющих скольжения. В этом случае (рис. 1) типично наличие участков разбега (X_1), стационарного воздействия внешних факторов (X_2) и торможения (X_3). На этих участках соответственно должна изменяться и сила ППД Q при финишной обработке. При разработке и реализации программы, обеспечивающей трапецеидальную закономерность управления силой, а значит и качеством обработки при ППД, исходными данными наряду с параметрами X_1, X_2, X_3 являются величины минимальной и максимальной силы (Q_{min}, Q_{max}), жёсткости пружины устройства ППД, величина подачи S и скорость обработки V .

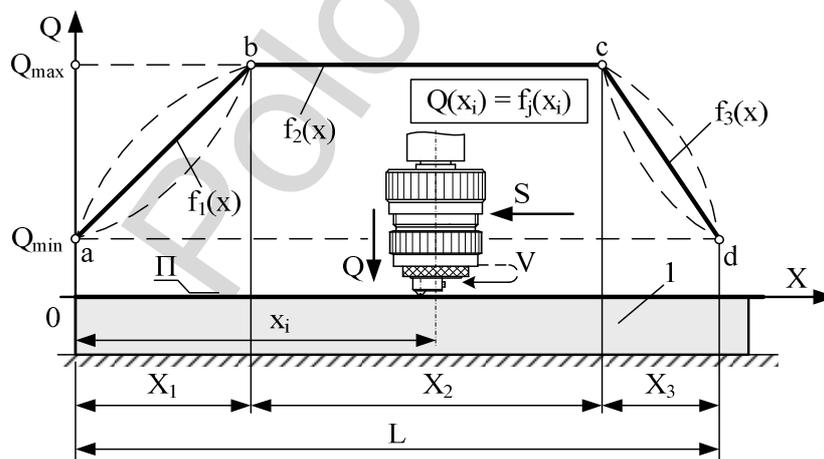


Рис. 1. Трапецеидальный закон изменения силы при обработке ППД плоских поверхностей деталей

Некоторые результаты обработки ППД методом АВ плоской поверхности с использованием закона (1) представлены на рис. 2. Их анализ показывает, что исследуемые параметры изменяются в широких пределах, что гарантирует возможность подготовки поверхности к неоднородным условиям эксплуатации, в частности, по параметрам износостойкости.

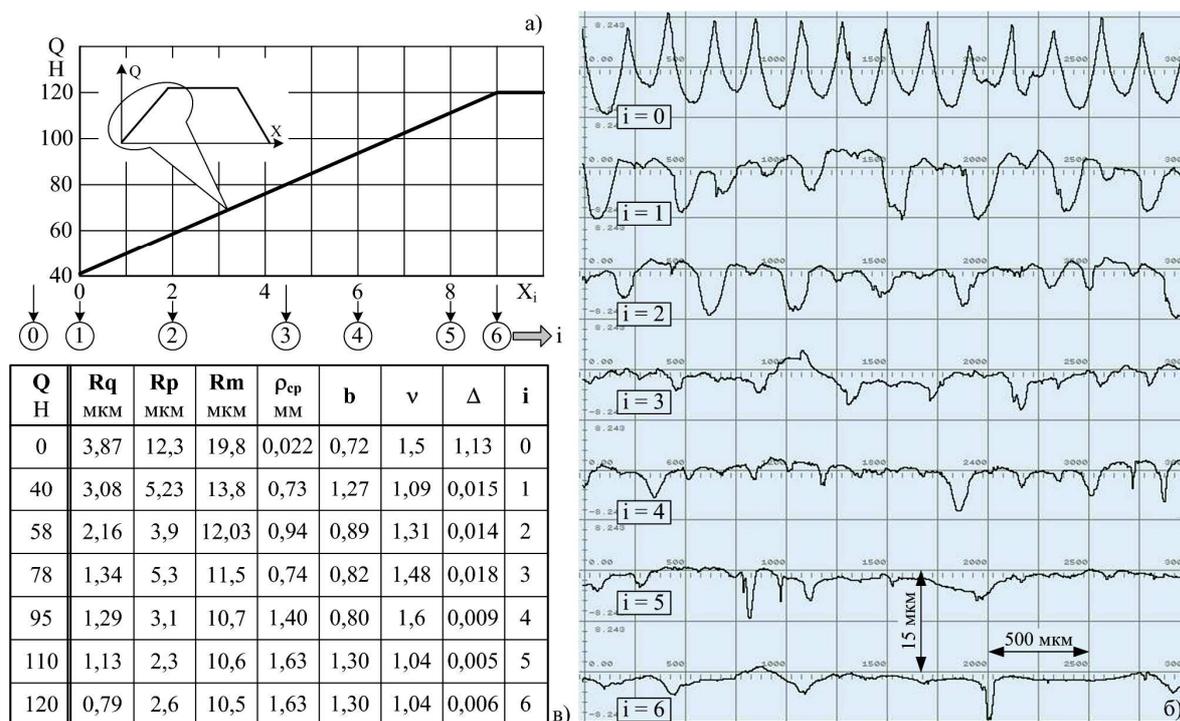


Рис. 2. Результаты управления параметрами микропрофиля плоской поверхности по заданному трапецидальному закону изменения нагрузки при алмазном выглаживании: а – закон $Q = f(x)$; б – типовые профилограммы; в – значения параметров микропрофиля

Литература

1. Фёдоров, В.П. Технологическое обеспечение закономерного изменения качества поверхностного слоя деталей при обработке на станках с ЧПУ / В.П. Фёдоров, М.Н. Нагоркин // Научно-технические технологии в машиностроении. – Москва: Изд-во "Машиностроение". – № 2(02). – 2011. – с. 40 – 46.
2. Нагоркин, М.Н. Условия эксплуатации функциональных поверхностей трибоэлементов в типовых соединениях трения скольжения / М.Н. Нагоркин, В.П. Фёдоров, А.В. Тотай // Известия Юго-Западного государственного университета. – Курск: ЮЗГУ, №6 (57). – 2014 – с. 15 – 26.

УДК 620.22: 669

ИОННО-ВАКУУМНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ

**Е.О. Насакина, М.А. Севостьянов, А.С. Байкин, М.А. Каплан,
К.В. Сергиенко, С.В. Конушкин, Е.Д. Ковалева, Ю.О. Леонова,
А.В. Леонов, А.Г. Колмаков, М.Л. Хейфец, П.А. Витязь**

Институт металлургии и материаловедения им. А.А. Байкова РАН, Москва

Получены нано- и микроразмерные поверхностные слои тантала на плоских и проволочных подложках NiTi, Cu, Ti, SiO₂. Структуру и состав образцов определяли с помощью СЭМ, АЭС, Оже-спектроскопии и рентгеновской дифрактометрии. С увеличением времени распыления толщина