

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ С БОЛЬШОЙ ПОГЛОЩАТЕЛЬНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Шкурупий В.Г., канд. техн. наук, доц., **Новиков Ф.В.**, докт. техн. наук, проф.
(Харьковский национальный экономический университет им. С. Кузнеця, Харьков, Украина)

Для изготовления полировальника предложен новый композиционный материал на основе пеко-канифольной смолы и мелкодисперсного порошка фторопласта-4, повышающих эксплуатационные характеристики полировальников.

Ключевые слова: поглощательная способность поверхности, полировальник, композиционный материал, мелкодисперсный порошок фторопласта-4, пеко-канифольная смола

Для виготовлення полірувальника запропоновано новий композиційний матеріал на основі пеко-канифольної смоли та дрібнодисперсного порошку фторопласту-4, що підвищують експлуатаційні характеристики полірувальників.

Ключові слова: поглинаюча здатність поверхні, полірувальник, композиційний матеріал, дрібнодисперсний порошок фторопласта-4, пеко-канифольна смола

A new composite material based on pitch-rosin resin and finely dispersed fluoroplast-4 powder, which improves the performance of polishers, is proposed for manufacturing the polisher.

Keywords: surface absorptivity, polishing pad, composite material, fluoroplast-4 fine powder, pitch-rosin resin

В работах [1–5] рассмотрено влияние методов и способов обработки на отношение поглощательной к излучательной способности поверхности. Для деталей летательных аппаратов для терморегулирования отношение поглощательной к излучательной способности поверхности должно приближаться к единице, т.е. поглощаемая энергия должна излучаться, тогда поверхность не будет нагреваться. Поэтому важно рассмотреть влияние методов обработки на отношение поглощательной к излучательной способности поверхности (рис. 1).

Линия баланса (рис. 1) определяет условие, когда поглощение и излучение равны, и поверхность не нагревается.

Для поверхностей с неметаллическими пленками (полученными термическим или химическим окислением и анодированием) отношение поглощения к излучению приближается к единице (линия баланса).

Неметаллические пленки на металлических поверхностях, полученные различными методами [2] (анодным, термическим окислением, химическим окислением, нанесением различного рода покрытий и др.) могут быть использованы для технологического обеспечения поверхностей деталей с заданными оптическими характеристиками A_s и ε .

Наиболее простым методом обеспечения поверхностей деталей машин из титановых и алюминиевых сплавов неметаллическими пленками является окисление при нагреве на воздухе.

Зависимость A_s и ε от температуры и времени нагрева образцов из сплава ВТ14 показана на рис. 2.

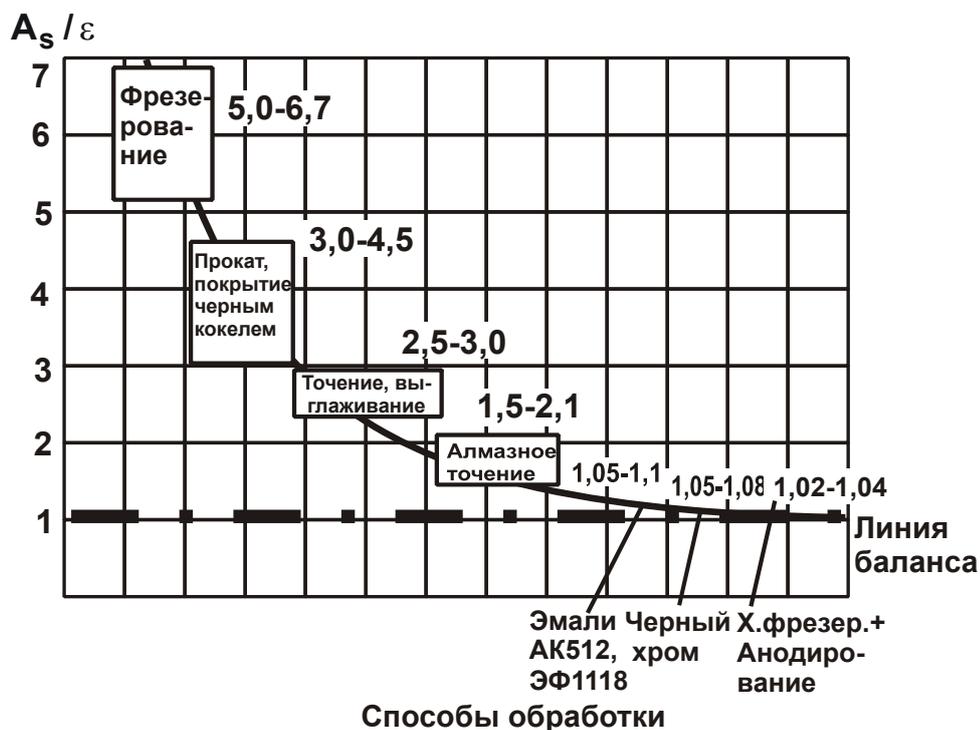


Рис. 1 – Зависимость отношения поглощения к излучению от методов обработки поверхностей

Окисление при температуре 873 К характеризуется относительно плавным изменением коэффициента поглощения A_s и практически неизменным значением коэффициента излучения ε .

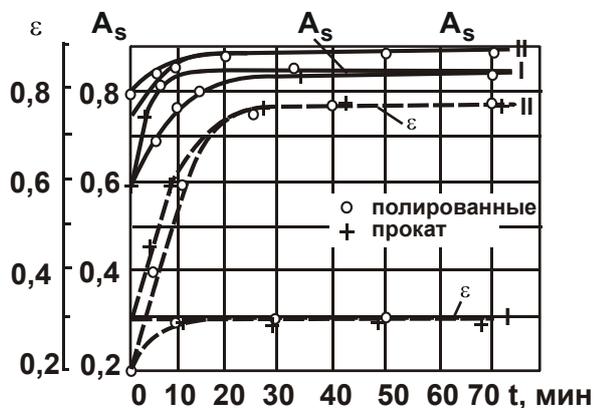


Рис. 2. Зависимость оптических характеристик поверхностей образцов из сплава ВТ14 с неметаллическими пленками от нагрева до температур 873 К (I) и 1073 К (II)

Коэффициент поглощения по сравнению с исходными значениями увеличивается до значения 0,82 – 0,86. Формирование стабильной по оптическим свойствам поверхности у прокатанных образцов происходит за 8 – 10 минут, у полированных – за 25 – 30 минут. Значения коэффициента излучения ε через 60 – 80 секунд после начала нагрева у прокатанных и полированных образцов выравниваются и практически не изменяются при дальнейшем увеличении времени нагрева. При нагреве до 1073 К значения коэффициента излучения ε увеличиваются до 0,72 – 0,78.

Увеличение коэффициента излучения ε происходит медленнее, чем величины A_s . Предельное значение A_s для образцов из проката составляет 0,8 – 0,88 и, соответственно, 0,88 – для полированных образцов. Установлена некоторая стабилизация значения A_s при выдержке от 20 до 60 минут, что связано с фазовыми превращениями окисной пленки.

На рис. 3 показаны изменения A_s и ε при низкотемпературном окисле-

нии (до 723 К) при времени выдержки до 120 секунд. Из графика видно, что при температуре 250 °С оптические свойства практически не изменяются. При температурах 623 К – 723 К наблюдается изменение коэффициента до 37 % от его исходного значения до обработки. Изменение коэффициента ε при выдержке 120 с происходит в пределах 20 – 25 % от его исходного значения до обработки. При высокотемпературном (при 1273 К) окислении деталей из титановых сплавов процесс изменения свойств поверхности происходит значительно интенсивнее и заканчивается при времени выдержки 110 – 120 секунд (рис. 3). При более длительной выдержке происходит коробление образцов и осыпание окисной пленки. Такой характер изменения параметров A_s и ε при окислении титановых сплавов связан с изменением химического состава и структуры поверхностного слоя образцов и наличием окисных неметаллических пленок, толщины которых изменяются с изменением времени выдержки при нагреве. По мере увеличения времени нагрева образца на его поверхности образуются окисные пленки различной интерференционной окраски. Толщина таких пленок в начальной стадии нагрева может составлять 1500 – 2000 Å. Значения параметров A_s и ε при этом увеличиваются незначительно.

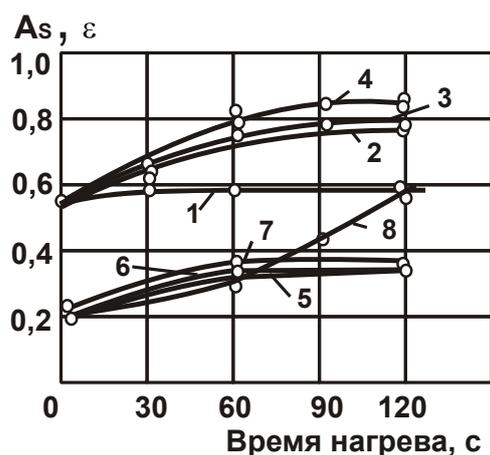


Рис. 3 – Влияние нагрева образцов из сплава ВТ14 на образование неметаллических пленок при температурах $T = 523$ К (1), (5); $T = 623$ К (2), (6); $T = 723$ К (3), (7); $T = 1273$ К (4), (8): 1, 2, 3, 4 – коэффициент поглощения A_s ; 5, 6, 7, 8 – коэффициент излучения ε ; 1, 3, 5, 7 – после полирования; 2, 4, 6, 8 – после проката

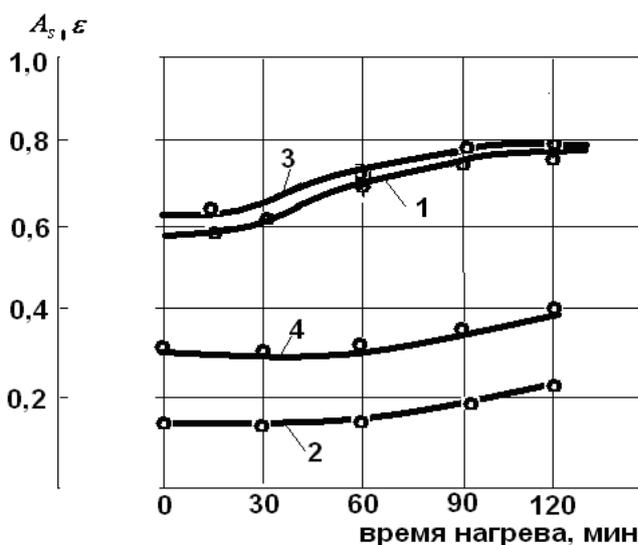


Рис. 4 – Влияние нагрева образцов из сплава АМг3 при температуре 623 К: 1 и 3 – A_s ; 2 и 4 – ε ; 1 и 2 – прокат; 3 и 4 – гидроабразивная обработка

С увеличением времени выдержки из тонкого сплошного однофазного поверхностного слоя происходит перемещение как вещества, так и примесей под действием электрического поля полупроводниковой окисной пленки, а также за счет диффузии под действием сил химического потенциала. Эти превращения могут происходить путем образования и роста на поверхности тонкой окисной матрицы больших по толщине зародышей, которые в итоге смыкаются между собой [1]. После этого начинается обычный процесс увеличения толщины ока-

лины, благодаря диффузии компонентов в поверхность раздела, у которой находится фронт химической реакции. В результате через 3 – 10 минут поверхность покрывается слоем окислов толщиной в несколько тысяч ангстрем [1]. При более высоких температурах сетка зародышей появляется при меньших выдержках (около 15 с). По мере увеличения толщины пленки в окалине развивается текстура, сопровождающаяся потерей пленкой интерференционной окраски. Кроме того, на поверхности возникают точечные очаги образования окислов легирующих элементов, а также изменение их фаз. Так например, при температуре 943 К происходит оплавление и разложение пятиоксида ванадия V_2O_5 , при температуре 1068 К – разложение окиси молибдена MO_3 [1]. С ростом температуры образца происходят фазовые превращения в слое окиси титана. Так уже при температуре 773 К концентрация анатаза уменьшается, и, соответственно, увеличивается концентрация рутила. Эти превращения практически заканчиваются на уровне 1123 К, и в окисной пленке рутил остается единственной стабильной фазой при этой и более высокой температуре.

Окисление при нагреве алюминиевых сплавов имеет особенность, которая проявляется в том, что на поверхности алюминиевых сплавов даже при комнатной температуре образуется окисная пленка значительной толщины. На рис. 1 приведена зависимость оптических характеристик поверхности образцов из сплава АМг3 от времени выдержки при температуре 723 К после различных видов обработки перед окислением при нагреве. Аналогичные зависимости получены на образцах из сплавов АМг6, Д16, АД1. Из графиков видно, что значения параметров A_s и ε после окисления увеличиваются с увеличением времени выдержки.

Таким образом, максимальные значения параметров $A_s = 0,76 - 0,78$ и $\varepsilon = 0,50$ достигнуты на образцах после гидроабразивной обработки. Минимальные значения параметров A_s и ε получены на поверхностях образцов из проката. На наш взгляд, это связано с тем, что шероховатая поверхность больше предрасположена к окислению, чем более гладкая поверхность. Глубокое анодирование позволяет выращивать пленки достаточно большой толщины. Изучение геометрических характеристик поверхностей, полученных электроосаждением, показывает, что неровности имеют относительно большой диапазон рассеивания размеров, а это должно уменьшать значения критерия шероховатости поверхности.

С целью повышения светоотражательной способности поверхностных слоев прецизионных деталей и производительности их обработки получены технологические решения, связанные с применением улучшенных технологических сред и конструкций инструментов и полировальников. Улучшение технологических сред возможно путем применения в абразивных суспензиях всевозможных компонентов, которые в процессе обработки зеркал приводят к улучшению физико-химических параметров поверхности. В результате повышения однородности обработанной поверхности уменьшается работа выхода электрона (увеличивается величина контактной разности потенциалов).

Для обработки металлических зеркал из меди, алюминиевых сплавов и молибдена разработаны оптимальные технологические составы, обеспечиваю-

щие повышение их отражательной способности за счет улучшения параметров поверхностного слоя. Разработанные составы с полимерными добавками обеспечивают повышение отражательной способности по сравнению с применявшимися ранее составами. Состав алмазно-абразивной суспензии защищен авторским свидетельством [5]. В качестве полимерной добавки выбрана поливинилацетатная дисперсия (ГОСТ 18992-73), наличие которой в суспензии при оптимальном содержании 5 – 7 вес % обеспечивает фиксацию абразивных зерен на полировальнике.

Продукты механической деструкции поливинилацетата химически взаимодействует с металлом обрабатываемой поверхности, особенно с гребешками, и обеспечивают сглаживание этих гребешков, а также образуют на поверхности тончайшую оптически прозрачную пленку. При этом образуется ювенильная поверхность с благоприятным физико-химическим состоянием, с тончайшей пленкой окислов, которая практически не влияет на отражательную способность. Работа выхода электрона у такой поверхности гораздо меньше, чем у поверхностей, обработанных абразивной суспензией, например, с добавками различных поверхностно-активных веществ (ПАВ).

Наличие полимерных добавок повышает в 2 раза съём металла по сравнению с применяющимися ранее добавками ПАВ и повышает производительность процесса. Кроме того, предложен состав на основе оксихинолиновых соединений при следующем соотношении компонентов (вес %) [3]: алмазный порошок 2 – 4; насыщенный раствор 8-оксихинолина – остальное.

Введение комплексообразующего компонента 8-оксихинолина обеспечивает увеличение производительности обработки за счет подавления сдвиговых деформаций и селективности воздействия на поверхностный слой обрабатываемого материала комплексообразующих компонентов (КК). КК взаимодействуют с обрабатываемой поверхностью и при этом вначале адсорбируются поверхностью, а затем координационные центры КК образуют комплексные образования (еще не ставшие комплексными соединениями) с наиболее активными центрами поверхности. В результате активные центры, представляющие собой узлы кристаллической решетки материала, все более вовлекаются в координационную сферу КК. При этом все более ослабляются связи, удерживающие ионы в узлах кристаллической решетки.

Таким образом, существенно снижается энергетический порог отрыва ионов. Для этого достаточно небольших энергий сдвиговых деформаций в процессе полирования, т.е. съём поверхностного слоя может происходить не только путем царапания абразивными частицами, но и за счет сдвиговых деформаций. В результате значительно увеличивается производительность обработки в процессе полирования с участием КК.

Еще одной особенностью является селективность воздействия на поверхностный слой обрабатываемого материала. Наиболее уязвимыми местами для комплексообразования являются дефектные области поверхности, особенно наклонные гребни выступов, а также впадины, в которые затруднено проникновение громоздких молекул комплексообразователей. За счет этого максимальное количество КК взаимодействует с наиболее доступными узлами дефектных

зон (гребни выступов), обеспечивая максимальный съем этих участков. При этом происходит сглаживание рельефа поверхности выступов, уменьшается крутизна и высота профиля.

Особенно важным моментом является то, что поверхность в процессе обработки в среде КК 8-оксихинолина не изменяет своего состава. В результате этого работа выхода электрона такой поверхности минимальна. Важным моментом также является выбор материала и конструкции полировальника.

Условия взаимодействия абразивных зерен с материалом заготовки и полировальника зависят от свойств и состояния всех элементов системы «полировальник – абразивная прослойка – заготовка».

При полировании незакрепленным абразивом поверхности заготовок деталей с высокой отражательной способностью из меди марки МОБ применяют различные полировальники, например, из технической шерсти, фторопласта, полихлорвинила или пеко-канифольной смолы (рис. 5). Проведенные исследования [6–8] показали, что эти материалы обладают рядом недостатков, вызывающих снижение эффективности процесса полирования. Так, полировальник, изготовленный из фторопласта, обеспечивает получение деталей с высокой отражательной способностью, однако съем материала при этом невысокий, так как фторопласт плохо удерживает абразив в зоне обработки. Полировальники из пеко-канифольной смолы быстро изнашиваются, поэтому не позволяют интенсивно удалять припуск на обработку в начальный период процесса, когда параметр шероховатости обрабатываемой поверхности $R_a = 0,40 \dots 0,50$ мкм.

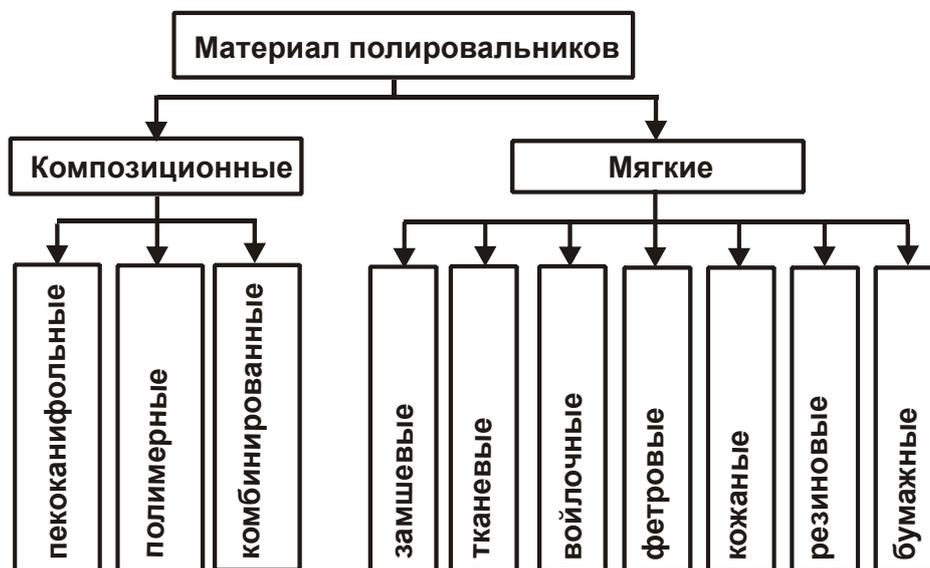


Рис. 5 – Классификатор полировальников для обработки деталей с оптическими характеристиками

Прочностные свойства полировальника, износостойкость его рабочей поверхности, эффективное удержание абразивной суспензии в зоне обработки и равномерность ее распределения можно обеспечить введением в состав полировальной смолы марки СП-18 ТУ (СТБ 47-71), изготавливаемой Красногорским оптико-механическим заводом, а также добавки в виде износостойких мелкодисперсных частиц фторопласта-4. В связи с этим, разработана конструкция полировальника, состоящая из композиции смолы СП18 и фторопласта-4

(ГОСТ 1006-80) [4]. Фторопласт-4, как и древесно-смоляной пек, упрочняет канифольную матрицу.

Материал полировальника такого состава имеет гетерогенную структуру, состоящую из менее износостойкой основы (пеко-канифольной смолы и более износостойких частиц фторопласта-4). Благодаря мягкой основе в процессе обработки на рабочей поверхности такого полировальника образуются лунки, обеспечивающие значительное удержание зерен абразива. Частицы фторопласта-4, обладающие более высокой износостойкостью, способствуют сохранению заданной формы поверхности полировальника и повышению отражательной способности обрабатываемой детали. Применение такого полировальника благоприятно влияет на физико-химическую структуру поверхности – способствует меньшему шаржированию и окислению поверхности благодаря интенсивному съему материала. Установлено, что производительность обработки при этом повысилась на 20 – 25 %, а износостойкость – на 23 – 26 % по сравнению с обработкой полировальником на основе пеко-канифольной смолы.

Для определения оптимального содержания фторопласта-4 были изготовлены полировальники из пеко-канифольной смолы марки СП-18 с различным содержанием мелкодисперсного порошка фторопласта-4 (2,5; 5; 7,5; 10; 12,5 и 15 % массовые доли). Зависимости съема меди и износа полировальника от содержания фторопласта-4 в пеко-канифольной смоле приведены на рис. 6 и рис. 7.

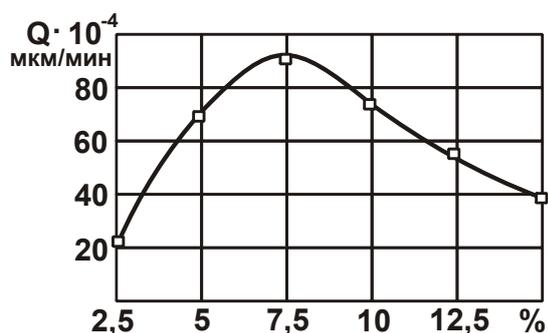


Рис. 6 – Зависимость съема меди марки МОБ от содержания износостойкого мелкодисперсного порошка фторопласта 4 в композиционном составе полировальника

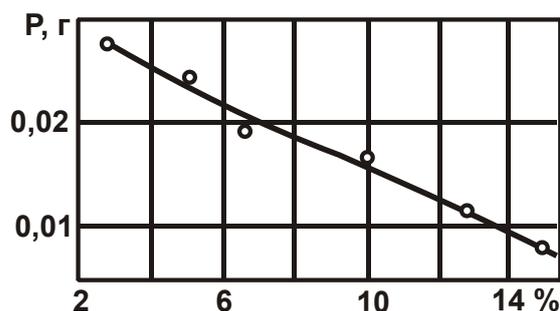


Рис. 7 – Зависимость износа полировальника от содержания износостойкого мелкодисперсного порошка фторопласта-4

На основании результатов исследований для изготовления полировальника можно рекомендовать композиционный материал следующего состава (% массовые доли): 90 – 95 пеко-канифольной смолы; 5 – 10 мелкодисперсного порошка фторопласта-4. Эксплуатационные характеристики полировальников этого состава выше, чем у ранее применявшихся полировальников на основе пеко-канифольной смолы.

Частицы фторопласта-4 способствуют сохранению заданной формы поверхности полировальника и обеспечивают повышение отражательной способности за счет благоприятного влияния на физико-химические параметры поверхностного слоя, так как фторопласт-4 практически не взаимодействует с обрабатываемой поверхностью.

- Список литературы:** 1. Абразивная и алмазная обработка материалов: Справочник / Под ред. А.Н. Резникова. – М.: Машиностроение, 1977. – 391 с. 2. Авдеевский В.С. Основы теплопередачи в авиационной технике / В.С. Авдеевский. – М.: Оборонгиз, 1974. – 274 с. 3. Агабабов С.Г. О влиянии вторичной шероховатости поверхности на радиационные свойства твердых тел / С.Г. Агабабов // Теплофизика высоких температур. – 1970. – Т.8, № 1. – С. 220–224. 4. Агабабов С.Г. Влияние геометрических характеристик рельефа поверхности твердого тела на его радиационные свойства (к определению фактора шероховатости) / С.Г. Агабабов, П.И. Экслер // Теплофизика высоких температур. – 1971. – Т.9, № 3. – С. 522–523. 5. А.С.905256 СССР, М.Кл³. С09КЗНЧ. Доводочный алмазно-абразивный состав /Дудко П.Д., Назаров Ю.Ф., Шкуруний В.Г., Коваленко В.С., Рубан В.М., Соловьев А.И. (СССР). – й 2861281/23-26. Опубл.15.02.82. Бюл. № 6 // Открытия. Изобретения. – 1982. – № 6. – С. 121. 6. Новіков Ф. В. Основи обробки металевих виробів з оптичними властивостями : монографія / Ф.В. Новіков, В.Г. Шкуруний. – Х.: ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2015. – 388 с. 7. Шкуруний В.Г. Технологические рекомендации по обработке поверхностей полированием / В.Г. Шкуруний // Фізичні та комп'ютерні технології: матеріали ХХІІ Міжнар. наук.-практ. конф., 7–9 грудня 2016, м. Харків. – Д.: ЛПА, 2016. – С. 189–193. 8. Valentin SHKURUPY. Influence of machining on quality parameters of optical metal products // Fiabilitate si Durabilitate – Fiability & Durability №1(19)/2017 Editura “Academica Brancusi”, Targu Jiu, ISSN 1844-640x. P. 163–170.

УДК 621.923

УСЛОВИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ПРИ ШЛИФОВАНИИ

Рябенков И.А., канд. техн. наук

(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства
имени Петра Василенко, г. Харьков, Украина)

Проведен теоретический анализ условий повышения качества обработки деталей машин при шлифовании по температурному критерию.

Ключевые слова: шлифование, температура, качество обработки, прерывистый круг

Проведено теоретичний аналіз умов підвищення якості обробки деталей машин при шліфуванні за температурним критерієм.

Ключові слова: шліфування, температура, якість обробки, переривчастий круг

Theoretical analysis of conditions for improving the quality of machining of machine parts during grinding according to the temperature criterion is carried out.

Keywords: grinding, temperature, processing quality, intermittent circle

Уменьшение температуры резания и повышение качества обработки является актуальной задачей эффективного применения процессов шлифования высокоточных деталей авиационной техники, изготовленных из труднообрабатываемых материалов и требующих применения шлифовальных кругов с высокой режущей способностью, исключающих образование на обрабатываемых поверхностях деталей различных температурных дефектов [1–4]. В связи с этим в работе проведен теоретический анализ закономерностей формирования температуры резания при шлифовании и условий ее уменьшения для обеспечения высококачественной обработки.