

АНАЛИЗ СХЕМ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТУРБОАБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ

Бурлакова Галина Юрьевна, старший преподаватель
Кафедра «Автомобильный транспорт», Приазовский государственный технический университет,
ул. Университетская, 7, г. Мариуполь, Украина, 87500
Контактный тел.: 8-093-397-59-50

Левинская Ирина Маратовна, аспирантка
Кафедра «Технология машиностроения», Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля,
кв. Молодежный, 20А, г. Луганск, Украина, 91034
Контактный тел.: 8-095-211-26-65, 8(0642)52-76-85
E-mail: irenma@inbox.ru

Лубенская Людмила Михайловна, кандидат технических наук, доцент
Кафедра «Технология машиностроения» Восточноукраинский национальный университет им. В. Даля,
кв. Молодежный, 20А, г. Луганск, Украина, 91034
Контактный тел.: 8-050-326-28-51

У статті розглянуто схеми обладнання, що використовуються для турбоабразивної обробки деталей; аналіз літературних і патентних джерел підтвердив, що для розвитку даного метода необхідна систематизація теоретичних досліджень процесів, що відбуваються у псевдоожигненому шарі.

Ключові слова: турбоабразивна обробка, псевдоожигнений шар, обладнання.

В статье рассмотрены схемы оборудования, применяемого для турбоабразивной обработки деталей; анализ литературных и патентных источников подтвердил, что для развития данного метода необходима систематизация теоретических исследований процессов, происходящих в псевдоожигненном слое.

Ключевые слова: турбоабразивная обработка, псевдоожигненный слой, оборудование.

In the article the charts of equipment are considered applied for turbo-treatment in abrasives of details; the analysis of literary and patent sources confirmed that for development of this method systematization of theoretical researches of processes, what be going on in the pseudofluidized layer is needed.

Keywords: turbo-treatment in abrasives, fluid bed, equipment.

Одним из методов отделочно-зачистной обработки деталей в современном машиностроении является турбоабразивная обработка, позволяющая осуществлять такие операции как: снятие заусенцев, удаление окалины, скругление острых кромок, подготовку поверхностей деталей под гальванопокрытия и др. Сущность данного способа обработки деталей заключается в том, что обрабатываемую деталь погружают в абразив, приведенный сжатым воздухом в «кипящее» (псевдоожигненное) состояние, задавая ей в зависимости от ее формы различные положения в простран-

стве и различные виды движений (вращательное, планетарное и др.) [1, 2, 3, 4].

История 70-летнего развития этого метода наиболее полно прослеживается по исследовательской мысли, отраженной в патентах на эту тему, особенно в изменении конструкции устройств, применяемых при этом методе. С целью получения полной информации о трансформации мысли, при создании оборудования для этой обработки, был проведен практически полный патентный поиск по всем изобретениям, относящимся к обработке деталей таким методом, как на территории

бывших стран СССР и современной Украины, так и за рубежом.

На территории США в 1940 году появилось одно из первых упоминаний об обработке деталей в среде абразива, находящегося во взвешенном состоянии, а на территории СССР в 1948 году, что отразилось в работе [5]. Так автор в данном патенте предлагает способ для шлифовки и полировки воздушных винтов, путем обдувания потоком воздуха с взвешенным в нем порошкообразным абразивом, где поток воздуха с абразивом создается при помощи вращения самого обрабатываемого винта. А так же предлагает устройство (рис. 1) для осуществления этого способа, которое выполнено в виде втулки, служащей в качестве насадки при обработке винта и расположенной внутри закрытого сосуда на некотором расстоянии от его крышки, боковых стенок и слоя абразива на дне сосуда.

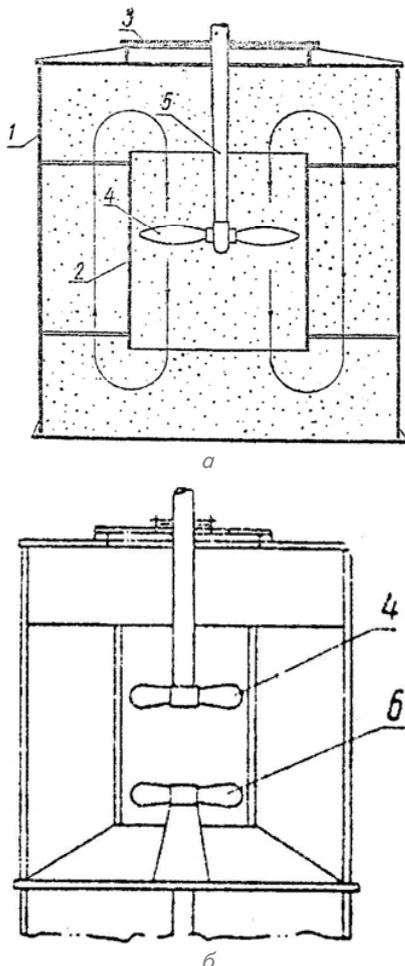


Рис. 1. Схема устройства для шлифовки и полировки воздушных винтов [5]:

а — устройство в разрезе; *б* — устройство в разрезе с дополнительным винтом

1 — сосуд; 2 — втулка; 3 — крышка; 4 — винт; 5 — шпindelь; 6 — дополнительный винт

Приняв во внимание данное авторское свидетельство, а также работу [6] Лиждевой Р. А. в 1963 г.

предложил способ обработки деталей свободным абразивом, при котором детали помещают в емкость и сообщают им вращательное движение, после чего приводят во взвешенное состояние за счет подачи сжатого воздуха через газораспределительную решетку (рис. 2) [7]. Именно это устройство и стало прототипом современных турбоабразивных установок. И на сегодняшний день основными элементами турбоабразивных установок является рабочая камера, в дне которой находится специальная газораспределительная решетка, на которую засыпается слой абразивных зерен, и через которую подают снизу вверх поток сжатого воздуха, а также шпindelь для установки обрабатываемой детали.

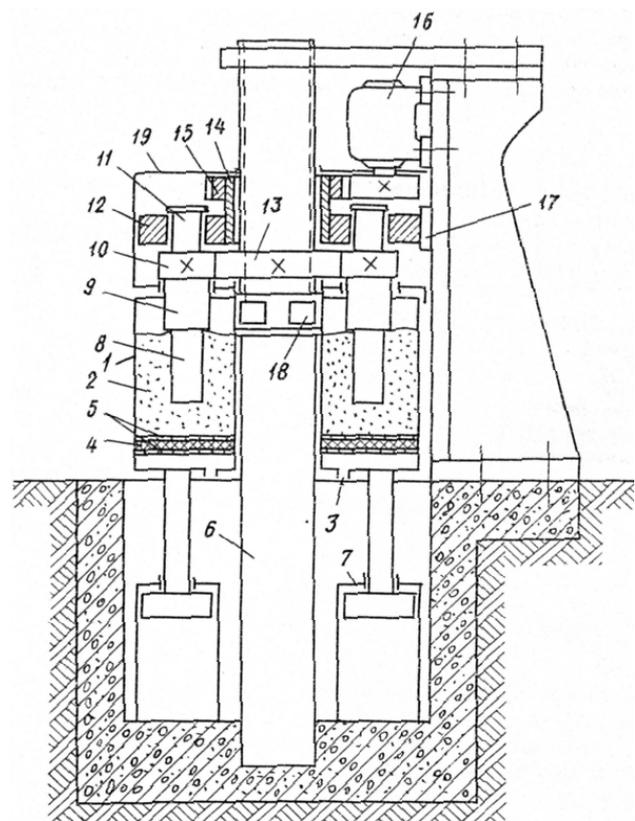


Рис. 2. Схема устройства

для обработки деталей свободным абразивом:

1 — кольцевая ванна; 2 — абразивный порошок; 3 — патрубки; 4 — распределительная решетка; 5 — сетки с фетровой прокладкой; 6 — вертикальная колонна, для перемещения ванны; 7 — пневматические цилиндры; 8 — обрабатываемые детали; 9 — державки, для закрепления детали; 10, 13, 15 — шестерни; 11 — валики; 12 — диск; 14 — втулка; 16 — электропривод; 17 — колодочный тормоз; 18 — окна

Как только был заявлен этот метод (а наравне с ним в это же время появились такие методы, как гидроабразивная и струйноабразивная и др.) появились решения, которые предлагали комбинированные методы обработки, например, в авторском свидетельстве [8], где авторы так же описывают устройство для обработки изделий,

использующее процесс псевдооживления (рис. 3), с одновременной подачей воздуха через сопла в камеру конусообразной формы. Однако, в промышленности на сегодняшний день нет упоминания о ее использовании в таком виде, но комбинированные методы продолжают активно внедряться в современном производстве.

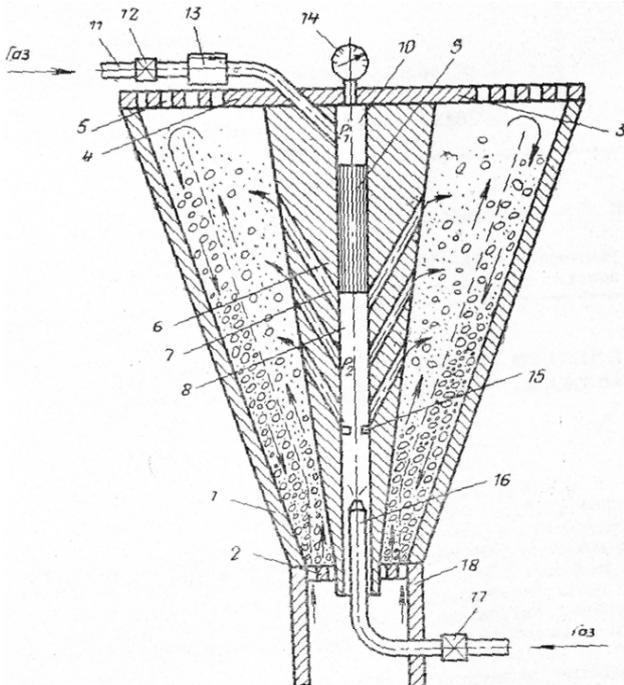


Рис. 3. Схема устройства для обработки изделий, использующее процесс псевдооживления:

1 — камера; 2, 3 — нижнее и верхнее основания камеры; 4 — центральный цельный участок; 5 — кольцевые прорезы; 6, 11, 16 — трубопроводы; 7, 8 — каналы; 9 — поршень; 10 — замкнутая камера; 12, 17 — краны; 13 — редуктор; 14 — манометр; 15 — ограничитель хода; 18 — патрубок

С внедрением турбоабразивных установок непосредственно в промышленность практика их эксплуатации показала, что некоторые схемы обработки и некоторые конструкции (о которых шла речь в патентном поиске) оказались не эффективными, и потребовали как изменения отдельных элементов установки (газораспределительной решетки, шпинделя и т. д.), так и введения дополнительных устройств (крыльчатка, коллектор воздухопадающей камеры и т. д.). Эти изменения были направлены на решение таких недостатков конструкции как: обеспечение равномерного распределения вдоль газораспределительной решетки потока воздуха, оживающего абразив; выбор оптимального материала, из которого необходимо изготовить газораспределительную решетку; не охватываемость взвешенным абразивом всей площади поверхности детали; отсутствие устройства контроля по регулированию необходимого диапазона глубины погружения обрабатываемых деталей

в оживленный абразивный слой и др. Таким образом, над усовершенствованием элементов конструкции турбоабразивных установок постоянно продолжались работы исследователей, что отразилось в многочисленных исследованиях [9—27].

В этой связи интересно заметить, что, несмотря на высокий интерес к данному методу обработки, многие из предложенных технических решений остались на уровне изобретений, и на сегодняшний день нельзя с уверенностью говорить о широком внедрении в промышленность турбоабразивных установок, а скорее о внедрении лишь определенных конструкций и в единичных экземплярах.

Впрочем, как видно из работы [28], на территории Украины ОАО «Мотор Січ» (г. Запорожье) на установках собственного производства (рис. 4) использует турбоабразивный метод для финишной и отделочно-упрочняющей обработки деталей. Однако рассматривая конструкцию данной установки можно заметить, что присутствие в ней дополнительных сопел для подачи сжатого воздуха не дают с полной уверенностью говорить о «чисто» турбоабразивном методе обработки.

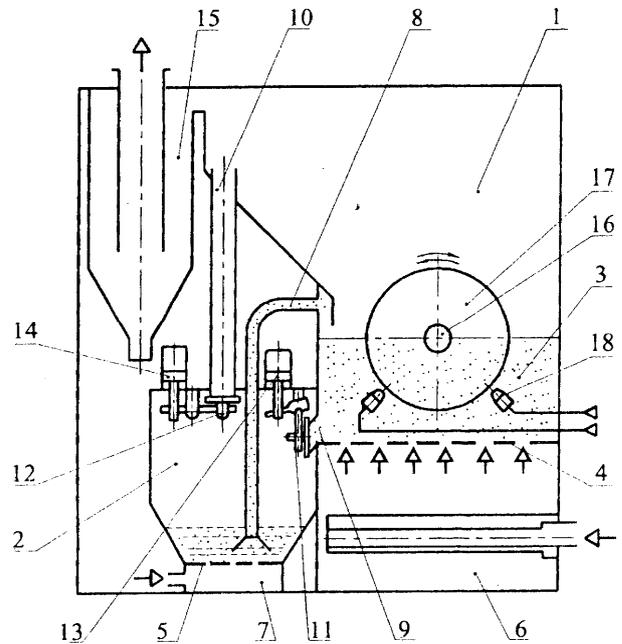


Рис. 4. Принципиальная схема турбоабразивных установок модели АПС:

1 — камера; 2 — бункер; 3 — абразив; 4, 5 — решетки газораспределительные; 6, 7 — камеры для подачи воздуха; 8 — трубопровод; 9 — сливное окно; 10 — выпускной воздушный трубопровод; 11, 12 — заслонки; 13, 14 — привод; 15 — циклон; 16 — шпиндель; 17 — обрабатываемая деталь; 18 — сопла, для подачи сжатого воздуха

В свою очередь, появление устройств для обработки деталей этим способом, потребовало уточнения параметров, описывающих процесс, происходящий в камере, что также отразилось в ряде работ [29—34]. При этом основные усилия

исследователей были направлены на выявление оптимальных параметров обработки, таких как: глубина погружения детали в кипящий слой; скорость вращения и траектория движения детали, ее расположение относительно плоскости газораспределительной решетки; давление воздуха, которое подается в камеру для разряжения абразивного слоя; зернистость и вид абразивного зерна и др. Анализируя предлагаемые авторами условия осуществления данного способа обработки видно, что картина, описывающая процесс, не в полной мере изучена, а полученные результаты не дают системных представлений о том, как необходимо осуществлять данный процесс.

Несмотря на то, что к настоящему времени счет экспериментальных и теоретических работ по псевдооживлению ведется десятками тысяч (техника псевдооживления нашла свое широкое применение в химической технологии, металлургии, нефтепереработке, сельском хозяйстве и не только), на сегодняшний день и в машиностроении многие важнейшие особенности механизма процесса остаются невыясненными. Степень сложности проблемы станет понятной, если учесть, что псевдооживленный слой представляет собой гетерогенную систему твердые частицы — газ, причем каждая фаза движется неупорядоченным неустановившимся образом, а теория турбулентности, даже в случае однородной фазы, еще далека от завершения.

В связи с этим следует заметить, что турбоабразивный метод обработки является как весьма интересным, и возможно перспективным, с точки

зрения применения его для отделочно-зачистных операций обработки деталей, так и весьма непростым в возможности его теоретического описания с учетом особенностей динамики контактных взаимодействий, происходящих внутри рабочей камеры.

Проведенный анализ схем оборудования для турбоабразивной обработки, а так же условий осуществления данного способа позволяет сделать вывод о целесообразности дальнейших исследований связанных с проведением этого метода, и требует системного представления о технологических режимах и условиях обработки, с учетом тех факторов, указанных выше, которые обуславливают возможность его эффективного осуществления. С этой точки зрения есть необходимость в рассмотрении влияния таких входных параметров, как: свойства абразивного зерна (его марка и зернистость); скорость вращения обрабатываемой детали на шпинделе; давление нагнетаемого воздуха, которое подается в установку; схема расположения обрабатываемой детали к плоскости газораспределительной решетки; выбор наиболее оптимальной кинематической схемы движения детали с учетом физико-механических свойств обрабатываемого материала и его состояния и, соответственно, времени обработки; определения степени загрузки и состава загрузки (ее твердой фазы) в рабочую камеру и не только.

Данные исследования будут способствовать решению актуальной проблемы совершенствования и развития методов отделочно-зачистной обработки деталей в современном машиностроении.

Литература

1. *Кремень, З. И.* Исследование износа металлов в кипящем слое абразивных частиц [Текст] / З. И. Кремень, М. Л. Масарский // Износ материалов при ударном воздействии твердых частиц. — М.: ИМАШ, 1976. — С. 51–52.
2. *Кремень, З. И.* Турбоабразивная обработка деталей — новый способ финишной обработки [Текст] / З. И. Кремень, М. Л. Масарский // Вестник машиностроения. — 1977. — № 28. — С. 68–70.
3. *Алексеев, А. Г.* Технология конструкционных материалов [Текст] / А. Г. Алексеев. — Санкт-Петербург: Политехника, 2005. — 597 с.
4. Машиностроение. Энциклопедия в 40 томах / [Ред. совет: К. В. Фролов (пред.) и др.]. — М.: Машиностроение, 2000. — Т. 3. Технология изготовления деталей машин [Текст] / А. М. Дальский, А. Г. Суслов, Ю. Ф. Назаров и др.; под общ. ред. А. Г. Суслова. — 2002. — 840 с.
5. А. с. 85481 СССР, МКИ В 24 В 31/10. Способ и устройство для шлифовки и полировки воздушных винтов [Текст] / Кочетов Е. П. (СССР). — № 384711; заявл. 23.09.48.
6. *Идельсон, М. Я.* Очистка и отделка поверхности металлических деталей [Текст] / М. Я. Идельсон. — М., 1955. — № 17.
7. А. с. 534344 СССР, МКИ В 24 В 31/00. Способ обработки деталей свободным абразивом и устройство для его осуществления [Текст] / Лиждевой Р. А. (СССР). — № 866491/08; заявл. 20.11.63; опубл. 05.11.76, Бюл. № 41.
8. А. с. 455838 СССР, МКИ В 24 В 31/10. Устройство для обработки изделий, использующее процесс псевдооживления [Текст] / Чекулаев П. Г., Косогор И. М., Парфенова Н. А., Анкудинов Б. А.; Всесоюзный научно-исследовательский и проектный институт тугоплавких металлов и твердых сплавов (СССР). — № 1888887/25-8; заявл. 02.03.73; опубл. 05.01.75, Бюл. № 1.
9. А. с. 643304 СССР, МКИ В 24 В 31/00. Газораспределительная решетка [Текст] / Кремень З. И., Масарский М. Л., Федотова С. М., Зецеров А. Я., Ардашников Б. Н. (СССР). — № 2540888/25-08; заявл. 09.11.77; опубл. 25.01.79, Бюл. № 3.

10. А. с. 686852 СССР, МКИ В 24 В 31/00. Устройство для абразивной обработки деталей [Текст] / Есаулов А. Т., Блажнов Г. А., Ковтун В. И., Кузьмичев М. В. и др. (СССР). — № 2326554/25-08; заявл. 23.02.76; опубл. 25.09.79, Бюл. № 35.
11. А. с. 818828 СССР, МКИ В 24 В 31/00. Устройство для обработки деталей свободным абразивом [Текст] / Старобинец И. М., Хаданович А. И. и др. (СССР). — № 2663114/25-08; заявл. 15.09.78; опубл. 07.04.81, Бюл. № 13.
12. А. с. 768610 СССР МКИ В 24 В 31/00. Устройство для обработки деталей в псевдооживленном абразиве [Текст] / Попенко А. И., Мигунов В. М., Ширкевич П. В., Ковган А. И. (СССР). — № 2751019/25-08; заявл. 17.04.79; опубл. 07.10.80, Бюл. № 37.
13. А. с. 779037 СССР, МКИ В 24 В 31/00. Устройство для обработки деталей в псевдооживленном абразиве [Текст] / Попенко А. И., Мигунов В. М., Ширкевич П. В., Ковган А. И. (СССР). — № 2670381/25-08; заявл. 29.09.78; опубл. 15.11.80, Бюл. № 42.
14. А. с. 795903 СССР, В 24 В 31/00. Способ обработки деталей в кипящем слое псевдооживленного абразива [Текст] / Мигунов В. М., Попенко А. И., Ширкевич П. В. (СССР). — № 2740314/25-08; заявл. 23.03.79; опубл. 15.01.81, Бюл. № 2.
15. А. с. 768611 СССР, В 24 В 31/00. Устройство для обработки деталей в псевдооживленном абразиве [Текст] / Мигунов В. М., Ширкевич П. В., Попенко А. И. (СССР). — № 2758054/25-08; заявл. 26.04.79; опубл. 07.10.80, Бюл. № 37.
16. А. с. 810456 СССР, В 24 В 31/00. Способ обработки деталей в псевдооживленном абразиве и устройство для его осуществления [Текст] / Попенко А. И., Ковган А. И., Мигунов В. М., Фоменко Л. Т. (СССР). — № 2772224/25-08; заявл. 31.05.79; опубл. 07.03.81, Бюл. № 9.
17. А. с. 795902 СССР, В 24 В 31/00. Устройство для абразивной обработки деталей [Текст] / Ерофеев Ю. М., Попенко А. И., Ковган А. И., Мигунов В. М. (СССР). — № 2619982/25-08; заявл. 29.05.78; опубл. 15.01.81, Бюл. № 2.
18. А. с. 837799 СССР, В 24 В 31/00. Устройство для обработки деталей в псевдооживленной среде [Текст] / Попенко А. И., Мигунов В. М., Зиличихис С. Д., Ной В. И. (СССР). — № 2750576/25-08; заявл. 03.05.79; опубл. 15.06.81, Бюл. № 22.
19. А. с. 852510 СССР, В 24 В 31/00. Устройство для обработки деталей в псевдооживленном абразиве [Текст] / Попенко А. И., Мигунов В. М., Семенченко И. В. (СССР). — № 2829387/25-08; заявл. 18.10.79; опубл. 07.08.81, Бюл. № 29.
20. А. с. 859123 СССР, В 24 В 31/00. Устройство для обработки деталей в псевдооживленном абразиве [Текст] / Мигунов В. М., Попенко А. И. (СССР). — № 2848408/25-08; заявл. 07.12.79; опубл. 30.08.81, Бюл. № 32.
21. А. с. 859124 СССР, В 24 В 31/00. Устройство для обработки деталей в псевдооживленном абразиве [Текст] / Попенко А. И., Мигунов В. М., Масюк Л. Т., Танцюра Л. И., Ермолаев В. М. (СССР). — № 2850268/25-08; заявл. 12.12.79; опубл. 30.08.81, Бюл. № 32.
22. А. с. 867616 СССР, В 24 В 31/00. Устройство для обработки деталей свободным абразивом [Текст] / Мигунов В. М., Зацепин Г. Н., Качан А. Я., Ковган А. И. (СССР). — № 2894781/25-08; заявл. 18.03.80; опубл. 30.09.81, Бюл. № 36.
23. А. с. 867617 СССР, В 24 В 31/00. Способ обработки деталей в свободном абразиве и устройство для его осуществления [Текст] / Мигунов В. М., Зацепин Г. Н., Качан А. Я., Попенко А. И. (СССР). — № 2894836/25-08; заявл. 18.03.80; опубл. 30.09.81, Бюл. № 36.
24. А. с. 861026 СССР, В 24 В 31/00. Способ обработки деталей в псевдооживленном абразиве и устройство для его осуществления [Текст] / Попенко А. И., Мигунов В. М. (СССР). — № 2832945/25-08; заявл. 29.10.79; опубл. 07.09.81, Бюл. № 33.
25. А. с. 861024 СССР, В 24 В 31/00. Устройство для обработки деталей в псевдооживленном абразиве [Текст] / Попенко А. И., Мигунов В. М., Ковган А. И., Ширкевич П. В. (СССР). — № 2819869/25-08; заявл. 21.09.79; опубл. 07.09.81, Бюл. № 33.
26. А. с. 872215 СССР, В 24 В 31/00. Устройство для обработки деталей в псевдооживленном абразиве [Текст] / Попенко А. И., Мигунов В. М., Фоменко Л. Т. (СССР). — № 2838650/25-08; заявл. 13.11.79; опубл. 15.10.81, Бюл. № 38.
27. А. с. 848311 СССР, В 24 В 31/00. Устройство для обработки деталей в псевдооживленном абразивом [Текст] / Мигунов В. М., Попенко А. И., Ширкевич П. В. (СССР). — № 2826014/25-08; заявл. 10.10.79; опубл. 23.07.81, Бюл. № 27.
28. *Богуслаев, В. О.* Технология виробництва авіаційних двигунів [Текст]. Ч. 3. Методи обробки деталей авіаційних двигунів / В. О. Богуслаєв, О. Я. Качан, Яценко та ін. — Запоріжжя: ВАТ «Мотор Січ», 2008. — 639 с.
29. А. с. 532515 СССР, В 24 С 1/00. Способ абразивной обработки деталей [Текст] / Кремень З. И., Масарский М. Л. и др. (СССР). — № 2168358/08; заявл. 25.08.75; опубл. 25.10.76, Бюл. № 39.
30. А. с. 700324 СССР, В 24 В 31/00. Способ обработки деталей свободным абразивом [Текст] / Старобинец И. М., Мельгунов В. Н. и др. (СССР). — № 2626426/25-08; заявл. 12.06.78; опубл. 30.11.79, Бюл. № 44.
31. А. с. 848310 СССР, В 24 В 31/00. Способ обработки деталей в «кипящем» слое абразива [Текст] / Попенко А. И., Мигунов В. М., Ковган А. И. (СССР). — № 2822561/25-08; заявл. 26.09.79; опубл. 23.07.81, Бюл. № 42.
32. А. с. 861025 СССР, В 24 В 31/00. Способ обработки деталей свободным абразивом и устройство для его осуществления [Текст] / Попенко А. И., Мигунов В. М. (СССР). — № 2826096/25-08; заявл. 10.10.79; опубл. 07.09.81, Бюл. № 33.

33. А. с. 846243 СССР, В 24 В 31/00. Способ обработки деталей в псевдооживленном абразиве [Текст] / Мигунов В. М., Попенко А. И., Руднев В. И. (СССР). — № 2843542/25-08; заявл. 28.09.79; опубл. 15.07.81, Бюл. № 26.
34. А. с. 770760 СССР, В 24 В 31/00. Способ обработки деталей в псевдооживленном абразиве [Текст] / Мигунов В. М., Попенко А. И. (СССР). — № 2761113/25-08; заявл. 03.05.79; опубл. 15.10.80, Бюл. № 38.

НА ЗАМЕТКУ МЕТАЛЛУРГУ

ОПЫТ КОМПЛЕКСНОГО ПОДХОДА К ПОВЫШЕНИЮ КАЧЕСТВА ОТЛИВОК ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПРОГРЕССИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

© «СП Минералс Оу. Аб.»

В настоящее время, в связи с решением задач направленных на повышение конкурентоспособности продукции отечественной литейной индустрии, на первое место выходит необходимость обеспечения качества отливок. В этой связи интересен опыт сотрудничества российской компании «Родонит» со скандинавской фирмой «SP-Minerals OY AB», которое решает проблему улучшения качества отливок и снижения трудозатрат на ряде российских предприятий путем комплексного обеспечения литейных цехов прогрессивными исходными материалами и передовым оборудованием. В качестве главного методологического принципа выбора и внедрения того или иного компонента технологического решения принят системный анализ производственного процесса. Особое внимание уделяется формовочным материалам. Это обусловлено тем, что они оказывают существенное влияние на точность отливки и шероховатость ее поверхности, структуру и свойства литейных сплавов, вероятность развития многих дефектов. Несомненна взаимосвязь между качеством формовочных материалов и металлоемкостью, а также трудоемкостью тяжелых финишных операций. Комплекс операций по изготовлению формы и стержней определяет около 60 % трудозатрат на получение отливок.

Скандинавская фирма «SP MINERALS OY AB» является одним из крупнейших поставщиков исходных материалов и изделий для литейного производства на Скандинавский рынок. Основным направлением деятельности является поставка современных, экологически безопасных материалов для литейного производства. Прежде всего, это хромитовый, оливинный и другие пески. Хромитовый песок используется при изготовлении стальных отливок в стержневых и облицовочных смесях. При относительно высокой температуре плавления, он имеет низкую температуру спека-

ния (1100 °С), а смеси на его основе обладают высокой прочностью при термическом ударе. Зона конденсации влаги в сырой форме на основе хромита образуется на значительно большей глубине, чем в смесях на кварцевом песке. Хромит инертен к оксидам железа при высоких температурах в любой газовой атмосфере, плохо смачивается жидким металлом. Все эти факторы при изготовлении крупных стальных отливок способствуют предотвращению образования химического и механического пригара, ужимин, улучшают условия кристаллизации металла. Благодаря высокой теплопроводности и теплоаккумулирующей способности хромита возможно осуществлять направленность затвердевания отливки.

Для получения отливки с повышенными требованиями к качеству поверхности, используются цирконовые, графитовые и другие антипригарные покрытия на спиртовой и водной основе. Покрытия разработаны и производятся на предприятии «PV-SAND A/S» расположенном в Дании. Производимые покрытия под торговой маркой «PV-CO-ATING» являются эффективными и простыми в использовании для всех традиционных типов формовочных материалов, как для стержней, так и для форм, обеспечивают надежное соединение с формовочным материалом и смачивание. Возможно применение различных технологий нанесения покрытия: погружением, обливом, распылением, кистью.

Поставляемые этим концерном, в качестве связующего, синтетические смолы различного класса, в зависимости от варианта исполнения и модификации могут применяться для любого вида литья. Использование смоляных связующих значительно упрощает процесс формовки, обеспечивает легкое извлечение модели, повышенную, по сравнению с другими смесями, выбиваемость. В сталелитейных цехах, применяющих щелочные смолы, отмечается снижение дефектности отливок по трещинам