



УДК 629.3.038

К.К. Абишев, Д.К. Есенжол

Казахский агротехнический университет им. С. Сейфуллина, г. Астана

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛЫЖНО-ГУСЕНИЧНОГО ДВИЖИТЕЛЯ В ТРАНСПОРТНОЙ ТЕХНИКЕ

Лыжно-гусеничный движитель – специализированный снегоходный движитель, состоящий из установленных отдельно ведущего гусеничного движителя и одной или нескольких лыж, обеспечивающих дополнительную опору и маневрирование. Отличается низким удельным давлением, высокой проходимостью и высокой скоростью при движении по снежному покрову, но совершенно неэффективен на других типах поверхности и непригоден к эксплуатации на них. Наибольшее распространение получил сначала на снегоходных автомобилях, а впоследствии – также на лёгких снегоходах [1].

Снегоходы представляют собой открытые лыжно-гусеничные транспортные средства, относительно небольшого размера, обычно с двухтактным двухцилиндровым двигателем. Из-за специфичной посадки водителя и характерных для мотоциклов органов управления их причисляют к мототехнике. Основные элементы конструкции снегохода изображены на рис. 1.

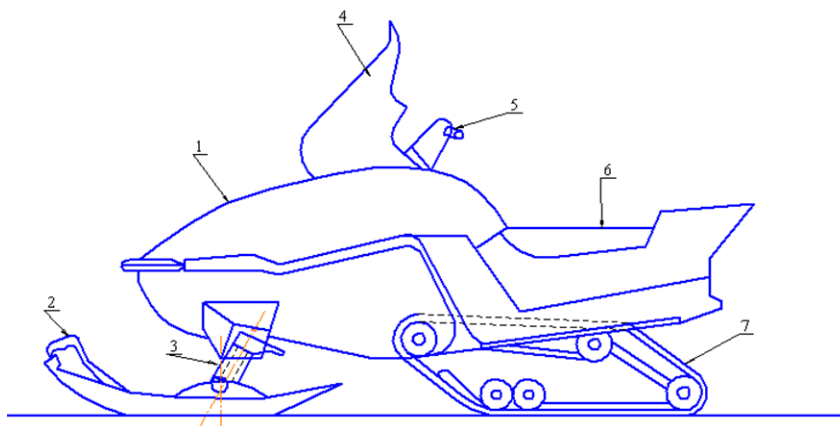


Рисунок 1 – Общий вид снегохода

Снегоход включает в себя корпус 1, внутри которого располагаются двигатель и трансмиссия, рулевую лыжу 2, которая соединяется с рулевым механизмом 5 посредством подвески 3, лобовое стекло 4, сиденье 6 и гусеничный движитель 7 [2].

По общей компоновочной схеме снегоходы разделяют на одногусеничные и двухгусеничные (рис. 2).

В настоящее время подавляющее большинство снегоходов изготовлено по схеме: две лыжи впереди/одна гусеница сзади (рис. 2,а). При такой схеме снегоход опирается на три точки, расположенные треугольником. Прежде всего, такая схема обладает оптимальной устойчивостью. Одногусеничная схема позволяет создавать эффективные снегоходы для

самых разных целей. Преимуществами такой конструкции являются низкий вес, равномерное распределение масс, ремонтная доступность всех основных узлов. По такой схеме изготовлены снегоходы «Тайга Patrol SWT», «Yamaha RS Viking».

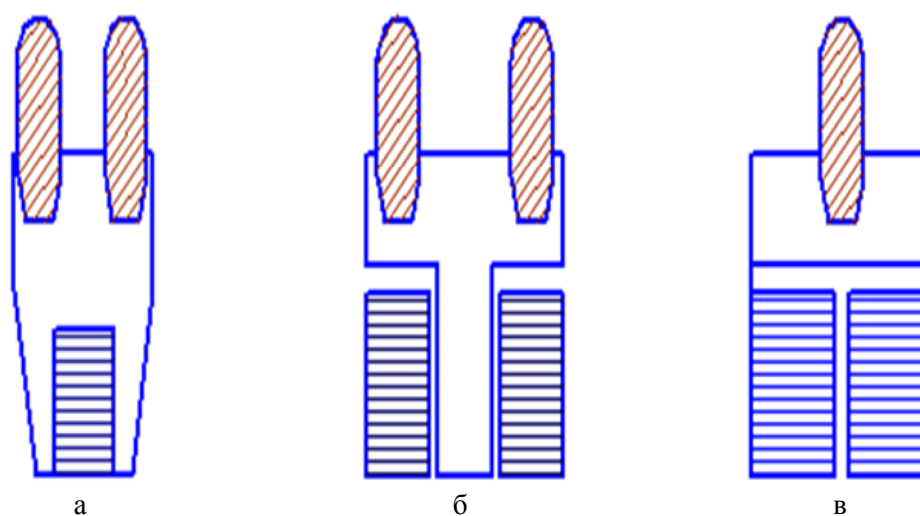


Рисунок 2 – Компоновочные схема снегохода:  - лыжи,  - движитель

Двухгусеничные снегоходы, изготовленные по второй схеме (рис. 2,б), отличаются не только тем, что у них впереди две лыжи, но и тем, что они существенно тяжелее. Этот факт почти исключает вытаскивание их вручную из рыхлого снега. Представителями такого исполнения являются снегоходы «AlpinaSherpa», «ТТМ Беркут». Они используются, в первую очередь, для работы на курортах, в высокогорных гостиницах.

Альтернативным вариантом является лыжно-гусеничный движитель, выполненный по третьей схеме (рис. 2,в), при этом и у них тоже три точки опоры: одна лыжа впереди и две гусеницы сзади. Две гусеницы располагаются параллельно, с минимальным расстоянием между ними, которое необходимо для установки редуктора и крепления подвески. Установка на них именно двух гусениц, а не одной (соответствующей ширины), вызвана скорее технологическими и компоновочными требованиями. Кроме того, в период разработки двухгусеничных снегоходов гусеницы считались заменяемым элементом. Заменить одну узкую гусеницу при её повреждении проще и дешевле, чем широкую.

У двухгусеничных снегоходов особенный баланс качеств, связанных с устойчивостью, а именно:

- он заметно чувствительней одногусеничных снегоходов к продольным неровностям. На нём очень затруднено движение вдоль склона. Широкая опорная поверхность не позволяет водителю эффективно влиять на его устойчивость смещением собственного веса;
- относительно узкая ширина опорной части даёт ему преимущество в определённых случаях. Например, при движении по засыпанной снегом грунтовой дороге, что зачастую затруднено на снегоходах с двумя лыжами, которые теряют устойчивость, проваливаясь одной из лыж в колею;
- при недостаточной ширине ровной опорной поверхности (например, на перекрестках колеиных дорог), двухгусеничный снегоход, наоборот, может сильно заваливаться.

Именно специфическая валкость не позволяет использовать на двухгусеничных снего-

ходах длинноходные подвески гусениц, в противном случае, при поперечном наклоне крен будет только усиливаться. Применяемые подвески рассчитаны на амортизацию мелких неровностей.

Основные преимущества снегоходов, изготовленных по последней схеме, следующие:

– двухгусеничная конструкция по определению обеспечивает максимальную опорную поверхность и, соответственно, минимальное удельное давление. Это позволяет им демонстрировать исключительную проходимость по глубокому снегу;

– малая ширина снегохода;

– наличие одной лыжи по центру в сочетании с клиновидной носовой частью позволяет свободней ездить по лесу, пробираться между деревьями – так как исключена проблемная для одногусеничных снегоходов ситуация, когда дерево попадает между двух лыж.

По описанной схеме изготовлены снегоходы серии «Буран».

По условиям эксплуатации различают четыре основных класса снегоходов: утилитарные (рабочие, транспортные), туристические, спортивные и горные [3].

Утилитарные снегоходы отличаются высокой проходимостью за счет широкой (до 610 мм) и длинной (до 4 000 мм) гусеницы, мощным двигателем и трансмиссией, в которой можно включить понижающую передачу для буксировки тяжелого груза или подъема на крутые склоны. Машины такого типа наиболее адаптированы под суровые климатические условия, позволяют обеспечить движение по сложному рельефу.

Туристские снегоходы предназначены для зимних прогулок и отдыха. Ширина гусеницы уменьшена до 380 мм. Отличительной особенностью машин данного класса являются хорошая проходимость и высокий уровень комфорта, который необходим в дальних поездках.

Спортивные снегоходы имеют малую массу, максимальную скорость и управляемость. Основная задача этих машин – скоростная езда по специально подготовленным трассам. Особенности являются наличие форсированных двигателей, облегченной подвески с пневмоамортизаторами высокого давления.

Горные снегоходы обладают длинной (до 4 м) узкой (35-42 см) гусеницей и мощным двигателем. Используются для движения по рельефной местности и экстремальных путешествий на склонах. Чаще всего их изготавливают одноместными.

В настоящее время снегоход используется не только для развлечений, но является также рабочим транспортом: для обслуживания газопроводов, нефтепроводов и линий электропередач, работы охранных служб, пограничников, спасательных работ, патрулирования, медицинской и милицейской служб, обслуживания горнолыжных курортов, спортивных мероприятий и т.д.

В этой связи работы, направленные на решение задач по повышению эффективности работы лыжно-гусеничного движителя и расширение области применения снегоходов, являются актуальными и приобретают первостепенное значение, поэтому работы такого рода необходимо форсировать.

Список литературы

1. Барахтанов Л.В. Снегоходные машины / Л.В. Барахтанов, В.И. Ершов, С.В. Рукавишников и др. – Горький: Волго-Вятское кн. изд-во, 1986. – 191 с.
2. ГОСТ Р 50944-2011. Снегоходы. Технические требования и методы испытаний. – Введ. 2012-09-01. – М.: Изд-во стандартов, 2012. – 21 с.
3. Материал из Википедии – свободной энциклопедии, 2015 / [Электронный ресурс]– URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Снегоход>.

Получено 15.10.2015

УДК 669-1

Д.Р. Абсолямова, А.К. Жунусов, Н.К. Кулумбаев, А. Маженов, Ж. Шошай
Павлодарский государственный университет им. С. Торайгырова, г. Павлодар

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ТОПЛИВА ПРИ АГЛОМЕРАЦИИ ОТХОДОВ
ГЛИНОЗЕМНОГО ПРОИЗВОДСТВА**

Агломерация осуществляется при нагреве руды до температуры плавления. Образующаяся жидкая фаза связывает зерна руды в куски неправильной формы. Наиболее распространенным методом агломерации является спекание рудной мелочи при просасывании воздуха через спекаемый слой шихты.

Сущность процесса агломерации заключается в следующем: руда фракции до 10 мм, концентрат, топливо и известняк фракции 3-0 мм после увлажнения и перемешивания подаются на агломерационную ленту, состоящую из набора паллет (колосников). Шихта с поверхности зажигается от зажигательного горна. Под лентой расположены камеры разрежения, обеспечивающие просасывание воздуха через слой шихты. Создание вакуума до 1200 мм вод. ст. способствует непрерывному поступлению воздуха в слой шихты, благодаря чему поддерживается горение топлива. Высокая температура (до 1500 °С) способствует спеканию или частичному сплавлению материала, вследствие чего образуется ноздревато-пористый продукт – агломерат [1].

При агломерации топливо играет огромную роль. Углерод топлива при горении выделяет тепло, необходимое для процесса спекания шихты. Если топлива в шихте будет недостаточно, то необходимая для спекания температура (при которой начинают образовываться жидкие фазы) не будет достигнута и физико-химические превращения в шихте будут слабо развиты. Шихта при недостаточном топливе не спечется до конца (не образуется достаточное количество связки всех частиц между собой по всему слою), что приведет к слабой прочности полученного агломерата. С другой стороны, перерасход топлива приводит к развитию высоких температур, в результате образуется чрезмерная оплавленность и снижается механическая прочность агломерата. При агломерации необходимо иметь такой расход топлива, при котором агломерат имел бы хорошую механическую прочность и при этом имел несильно оплавленную структуру [2]. В связи с данными вопросами были проведены исследования по подбору оптимального количества топлива.

Для исследования и определения оптимального подбора количества топлива при агломерации были отобраны пробы железистых песков Павлодарского алюминиевого завода (табл. 1). В работах [3-4] проводились опытные спекания на пригодность железистых песков и получения железорудного агломерата.

Лабораторные исследования проводились на агломерационной чаше, установленной в лаборатории кафедры металлургии Павлодарского государственного университета им. С. Торайгырова. В качестве агломерационной шихты использовали железистые пески, отсеvy кокса и различные железосодержащие добавки (аспирационная пыль, окалина и т.д.) для улучшения степени окомкования, т.к. данный материал в основном представлен песчаной составляющей (табл. 2, 3).

Таблица 1

Химический состав железистых песков, %

Компонент	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	SiO ₂	TiO	CO ₂	Na ₂ O	SO ₃
Железистый песок	56,8	18,1	4,6	7,3	2,0-3,0	9,0-12,0	0,5-0,8	2,2-3,0

Таблица 2

Химический и технический состав кокса КНР, %

SiO ₂	CaO	MgO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	A	V	W
44,8	13	7,1	12,9	14,4	25,4	5,4	7,4

Результаты опытов представлены на рис. 1, 2.

Таблица 3

Показатели спекания при изменении расхода топлива

№ опыта	Количество кокса в шихте, %	Скорость спекания, мм/мин	Производительность, т/м ² ·час	Прочность по ГОСТ 15137	Выход годного, %
1	5	12,5	0,54	68,0	54,0
2	6	18,7	0,82	77,0	55,0
3	7	18,3	0,70	78,0	66,9
4	8	16,4	0,69	79,0	78,0
5	9	15,4	0,65	80,0	73,0

Из табл. 3 и рис. 1 и 2 следует, что при расходе топлива 5,0 % достигнуты следующие показатели спекания: прочность агломерата - 68 %, производительность - 0,54 т/м²·час, скорость спекания - 12,5 мм/мин. По своей структуре агломерат был умеренно оплавлен, но в нем довольно часто встречались включения полуоплавленных зерен руды, не сцепленных между собой.

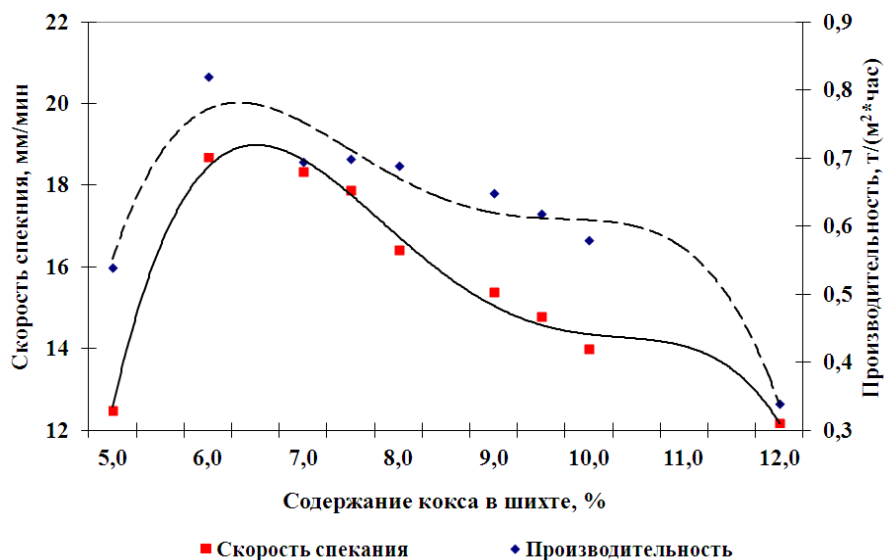


Рисунок 1 – Влияние расхода топлива в шихте на производительность установки и скорость спекания

При увеличении расхода топлива до 6,0 % прочность агломерата возросла до 77,0 %, выход годного агломерата – 55 %, скорость спекания – 18,7 мм/мин, а производительность увеличилась до 0,82 т/м²·час.

Дальнейшее увеличение расхода топлива с 6 до 7,0 % привело к увеличению прочности полученных агломератов (78 %), выхода годного агломерата (66,9 %). Вертикальная скорость спекания и производительность уменьшается до 18,3 мм/мин и на 0,70 т/м²·час, соответственно.

Полученные пироги по внешнему виду были примерно одинаковы и имели однородную хорошо оплавленную структуру.

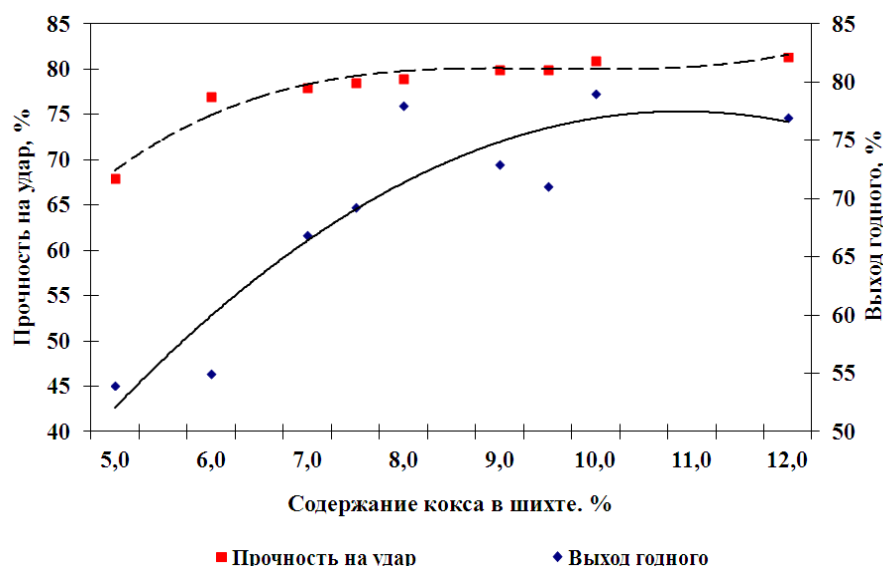


Рисунок 2 – Влияние расхода топлива в шихте на прочность и выход годного агломерата

При увеличении расхода топлива до 8 % показатели спекания изменяются. При скорости спекания (16,43 мм/мин) удельная производительность аглоустановки упала до 0,69 т/м².

С увеличением содержания топлива в шихте возрастала температура отходящих продуктов горения и усадка шихты, что указывало на повышение температуры в зоне горения и образование большого количества расплава. Особенно большое количество жидкой фазы образовалось при содержании в шихте 9 %, 10 %, 11 %, 12 % топлива, что приводило к понижению скорости спекания вследствие большого сопротивления прохождению газов через жидкие массы.

Анализ результатов проведенных опытов показывает, что оптимальное содержание кокса в шихте для агломерации железистых песков составляет 6-7 % [2–3].

Лабораторными спеканиями железистых песков было установлено: вертикальная скорость спекания - 18,7 мм /мин; удельная производительность - 0,82 т/м²·час; барабанная прочность на удар - 77,0 %; температура в слое - 1220 °С. Химический состав агломерата приведен в табл. 4.

Таблица 4

Химический состав агломерата из железистых песков (красного шлама)

Наименование	Химический состав, %
--------------	----------------------

материала	Fe	FeO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SiO ₂	CaO	MgO	S	P
Агломерат	38,06	24,94	54,41	15,82	11,36	4,96	4,86	0,59	0,066

Список литературы

1. Коротич В.И. Основы теории и технологии подготовки сырья к доменной плавке. – М.: Металлургия, 1978. – 208 с.
2. Коротич В.И. Агломерация рудных материалов / В.И. Коротич, Ю.А. Фролов, Г.Н. Бездежский. – Екатеринбург: ГОУ ВПО УГТУ-УПИ, 2003. – 400 с.
3. Жунусов А.К. Возможное использование отходов глиноземного производства в черной металлургии / А.К. Жунусов, С.О. Байсанов // Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. «Управление отходами – основа восстановления экологического равновесия промышленных регионов России», 23–25 окт. 2012. – Новокузнецк, 2012. – С. 198–200.
4. Жунусов А.К. Переработка красных шламов Павлодарского Аллюминиевого завода / А.К. Жунусов, С.О. Байсанов, А.К. Жунусова // Сб. докл. по материалам Междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы и перспективы горно-металлургической отрасли: теория и практика». – Караганды, 2013. – С. 343–346.

Получено 12.10.2015

УДК 666. 1: 666.363.4 (574.1)

В.А. Бурахта

Западно-Казахстанский инновационно-технологический университет, г. Уральск

Н.К. Рамазанова

Западно-Казахстанский аграрно-технический университет им. Жангир хана, г. Уральск

**ПРИМЕНЕНИЕ КВАРЦЕВОГО ПЕСКА ЗАПАДНО-КАЗАХСТАНСКОЙ ОБЛАСТИ
В ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТАРНОГО СТЕКЛА**

Для успешного развития промышленности Республики Казахстан важное значение имеет наличие сырьевой базы и выбор основных направлений по комплексному и эффективному использованию местных природных материалов.

Производство стекла относится к материально- и энергоемким технологиям, в которых широко используются природные и искусственные сырьевые материалы. Являясь лидирующей отраслью стекольной промышленности по выпуску изделий, тарное стекло пользуется высоким спросом со стороны пищевой, вино-водочной, парфюмерной и медицинской отраслей. Главной составной частью стекол является природный кремнезем, помимо него в качестве сырьевого материала также применяются кварцит, жильный кварц. На сегодняшний день в производстве стекла в большей степени используют кремнезем в виде SiO₂ [1].

С целью изучения возможности использования местного сырьевого материала в производстве тарного стекла впервые нами исследован кварцевый песок месторождения «Жайык Курылыс Кум» Западно-Казахстанской области, которое расположено в 25 км от Уральска. Ожидаемый объем запаса кварцевого песка составляет 7,5 миллионов тонн на один квадратный километр.

Кварцевый песок данного месторождения в настоящее время в большей степени используется для строительных работ как уплотнитель. Перспективным является его использование как основного сырьевого материала в производстве тарного стекла. В стекольном производстве предъявляются жесткие требования к качеству сырьевых материа-

лов по их химическому, минералогическому и гранулометрическому составу.

Основным условием пригодности кремнеземсодержащих материалов в производстве стекла является его химический состав. С целью определения химического состава кремнезема нами исследован кварцевый песок Западно-Казахстанской области месторождения «Жайык Курылыс Кум». Результаты исследования проведены в табл. 1.

Таблица 1

Химический состав кварцевых песков по содержанию основных оксидов

Месторождение	Содержание оксидов, мас %								
	SiO ₂	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	TiO ₂
Жайык Курылыс Кум	98,05	0,05	0,01	0,03	0,24	0,79	2,83	0,19	0,03
ГОСТ	98,5	0,07	0,02	0,03	0,03	0,6	0,03	-	-

Из представленной табл. 1 видно, что результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что кварцевый песок Западно-Казахстанской области содержит высокое количество стеклообразующего оксида SiO₂, равное 98,05 %. Количество оксида железа в кварцевом песке составляет 2,83 %, что превышает предельно допустимые нормы, поскольку для производства цветного тарного стекла согласно ГОСТ допускается 1,0-0,8 % Fe₂O₃. С целью уменьшения его содержания нами проведена магнитная сепарация, после чего массовая доля оксида железа снизилась до 0,1 %. Количество оксида алюминия в исследуемом песке равно 0,79 %, что соответствует требованиям стандарта, предъявляемым к кварцевым пескам. Присутствие в песке оксида титана увеличивает суммарное содержание красящих примесей до 0,03 % и вызывает изменение цвета. Химическая стойкость стекла зависит от содержания Na₂O, K₂O; их содержание составило 0,03 % и 0,24 %, что соответствует стандарту [2].

Исходя из этого, можно сделать вывод о возможности использования кварцевого песка месторождения Жайык Курылыс Кум в качестве сырья для производства цветного тарного стекла, поскольку он соответствует марке Т ГОСТ 22551 и поэтому пригоден для использования в необогащенном виде для производства цветного тарного стекла. Сравнение химического состава изученного нами кварцевого песка показало, что он имеет сходства по свойствам с кварцевым песком Тугановского месторождения, расположенного в Томской области, используемого в настоящее время в производстве тарного стекла [3].

С целью усовершенствования технологии стекольного производства и уменьшения затрат проведены исследования по физико-химическим свойствам кварцевого песка исследуемого месторождения, которые представлены в табл. 2.

Таблица 2

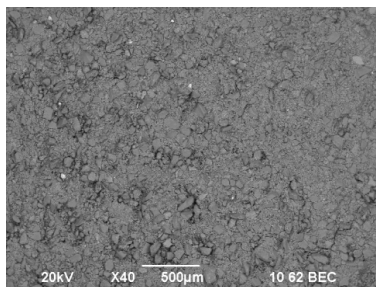
Физико-химические свойства кварцевого песка месторождения «Жайык Курылыс Кум» Западно-Казахстанской области

№	Характеристика	Значение
1	Истинная плотность, г/см ³	1,41
2	Насыпная плотность, г/см ³	1,93
3	Пустотность, %	26,84
4	Зерновой состав и модуль крупности, %	0,84
5	Пылевидные и глинистые частицы, %	4,91

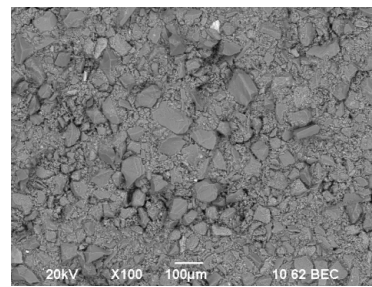
Из анализа табличных данных видно, что истинная и насыпная плотность в кварцевом песке, характеризующие влажность сырьевого материала, составила 1,41 г/см³ и 1,93 г/см³, соответственно. Полученные результаты исследований незначительно выше допустимого, что

объясняется тем, что проба для анализа была взята в период паводков. Зерновой состав и модуль крупности кварцевого песка, характеризующие размер частиц, составил 0,84 %, что потребует меньше энергетических затрат при его измельчении. Содержание пылевидных и глинистых частиц кварцевого песка показывает невысокую степень загрязненности, то есть применение такого кварцевого песка сможет сэкономить энергоресурсы для подготовки шихты и обеспечить высокую степень чистоты готового продукта, в то время как повышенное содержание в песке пылевидных частиц может увеличить зону варки [4].

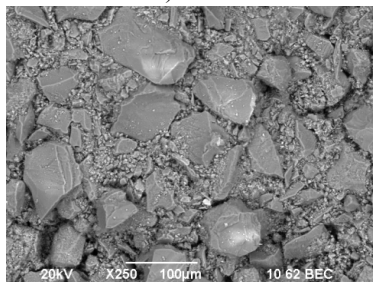
Наряду с химическим и гранулометрическим составом, важной характеристикой стекольных песков является форма зерен и наличие в них различного рода дефектов. Известно, что размер и форма зерен сырья оказывает существенное влияние на скорость варки и количество пороков в стекле [5]. Проведенные исследования электронно-микроскопической съемки структуры зерен кварцевого песка месторождения «Жайык Курылыс Кум» представлены на рис. 1.



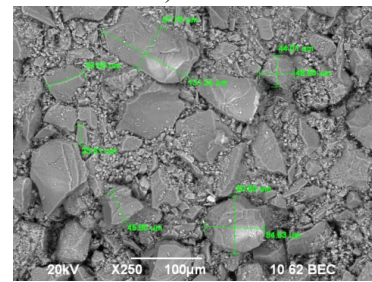
а) ×40



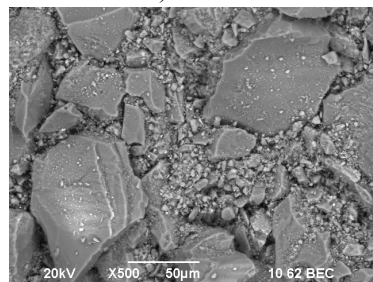
б) ×100



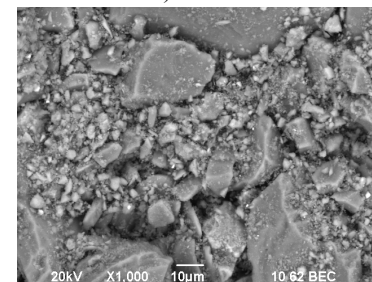
в) ×250



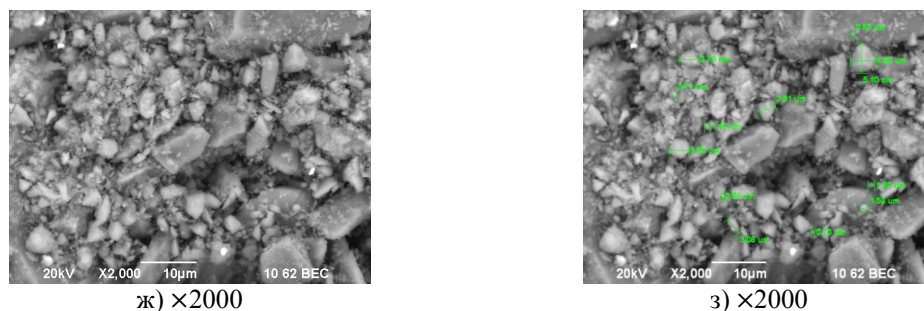
г) ×250



д) ×500



е) ×1000



ж) $\times 2000$
з) $\times 2000$
Рисунок 1 – Электронно-микроскопическое изображение зерен кварцевого песка месторождения «Жайык Курылыс Кум»

Проведенные исследования по электронной микроскопии показали, что кварцевый песок Западно-Казахстанской области в основном имеет остроугольную, осколочную форму и гладкую поверхность. Согласно литературным источникам, наиболее пригодным для стекловарения является кварцевый песок со средними размерами зерен 0,15-0,4 мм, чему и соответствует исследуемый образец данного месторождения [6].

Гранулометрический состав исследуемого песка определяли методом ситового анализа (рис. 2).

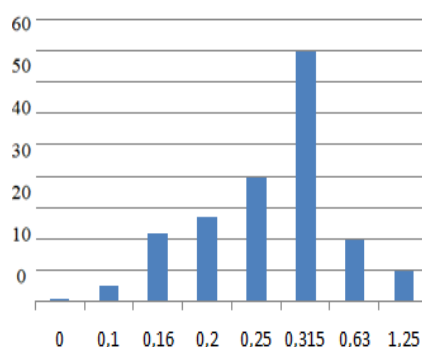


Рисунок 2 – Гранулометрический состав кварцевого песка месторождения «Жайык Курылыс Кум»

Из рис. 2 видно, что кварцевой песок месторождения «Жайык Курылыс Кум» по гранулометрическому составу относится к тонкодисперсному материалу, так как содержание в нем зерен размером от 0,16 до 0,63 составляет более чем на 70 %, из них 30 % - это частицы размером менее 0,315 мм, что соответствует концентрации крупных и мелких зерен в кремнеземсодержащем сырье.

Исходя из полученных экспериментальных данных, можно сделать вывод о возможности использования природного кварцевого сырья – высококремнеземистой осадочной горной породы Западно-Казахстанской области месторождения «Жайык Курылыс Кум» в качестве сырьевого материала в производстве стеклянной тары. Установлена принципиальная возможность использования кварцевого песка месторождения Западно-Казахстанской области в качестве основного сырьевого материала без обогащения для производства цветного, а после магнитной сепарации, бесцветного тарного стекла.

Список литературы

1. Крашейникова Н.С. Использование кварцевого песка Туганского месторождения в технологии тарного стекла / Н.С. Крашейникова, И.В. Фролова // Известия Томского

- политехнического университета. – 2014. – № 4. – С. 113-116.
2. Казьмина О.В. Использование маршаллита Елбашинского месторождения в производстве тарного стекла / О.В. Казьмина, Н.В. Аглиулина, Ю.П. Костинская // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – № 1. – С. 40-44.
 3. Павлюкев Ю.Г. Стекольный бой и проблемы его использования в производстве стеклотары / Ю.Г. Павлюкев, Ю.О. Гусак // Материалы Междунар. науч.-практ. конф. «Современные наукоемкие технологии». – 2013. – Ч. 1. – С. 18- 22.
 4. Менько И.И. Щелочной концентрат для стекловарения / И.И. Менько, Р.В. Лавров // Стекло и керамика. – 2014. – № 10. – С. 25-29.
 5. Бурахта В.А. Перспективы производства тарного стекла с повышенным содержанием стеклоотходов / В.А. Бурахта, Н.К. Рамазанова // Респ. науч.-практ. конф. «Молодежь и наука в современном мире». – 2015. – Ч. 2. – С. 249-253.
 6. Демьянова Л.П. Кварцевое сырье Байкало-Амурского региона и рекомендации фторидного способа его переработки // Тихоокеанская геология. – 2013. – № 5. – С. 110-116.

Получено 12.10.2015

УДК 622.276

А.А. Дуненова

Казахский национальный технический университет им. К.И. Сатпаева, г. Алматы

ОСОБЕННОСТИ МЕХАНИЗМА ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕФТИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ВОДОГАЗОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

На сегодняшний день, методы водогазового воздействия (ВГВ) получили широкое развитие за рубежом. Зарубежный опыт показывает возможность увеличения КИН относительно заводнения на 6-10 %. Водогазовое воздействие является методом, позволяющим увеличить нефтеотдачу с помощью комбинирования двух традиционных технологий: заводнения и нагнетания газа в пласт.

ВГВ является третичным методом увеличения нефтеотдачи, т.е. применяется после первичных или вторичных методов разработки коллектора. Суть метода заключается в закачивании определенных объемов газа и воды попеременно или одновременно (рис.1). Нагнетание газа позволяет увеличить микроскопическое вытеснение нефти, в то время как нагнетание воды улучшает вытеснение нефти на макроскопическом уровне. Остаточная нефтенасыщенность после нагнетания газа гораздо меньше, чем после нагнетания воды, кроме того, при ВГВ происходит вытеснение нефти из участков, неохваченных заводнением, так как газ, имея меньшую плотность и вязкость по сравнению с водой, поднимается в верхнюю часть пласта. В результате происходит увеличение нефтеотдачи по сравнению с использованием заводнения [1].

На текущий момент предложены следующие технологии водогазового воздействия: последовательная, попеременная, совместная закачка агентов и комбинации данных технологий (рис. 1).

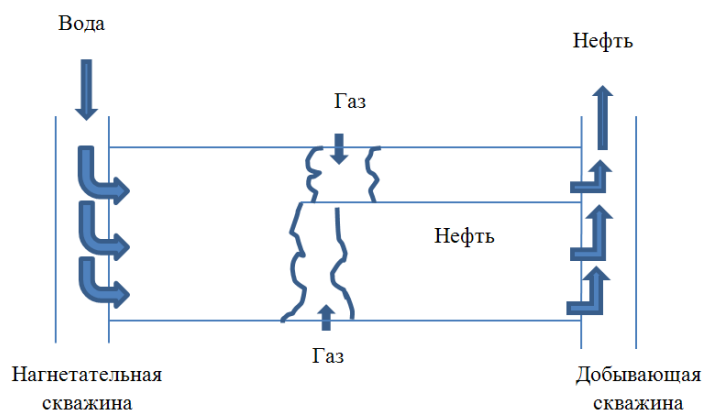


Рисунок 1 - Водогазовое воздействие на пласт

При последовательной закачке рабочие агенты нагнетаются в пласт один за другим. Технология последовательной закачки агентов обычно рекомендуется к применению на низкопроницаемых коллекторах, для которых могут возникнуть проблемы с обеспечением приемистости нагнетательных скважин при попеременной или совместной закачке газа и воды.

Попеременную закачку рабочих агентов выполняют нагнетанием газа и воды в пласт небольшими чередующимися оторочками (5 % начального нефтенасыщенного порового объема пласта и менее). Такая технология рекомендуется для высоко- и среднепроницаемых коллекторов. В принципе, она применима на тех залежах, на которых применяется обычное заводнение.

При совместной закачке газ и вода нагнетаются в пласт одновременно. Технология может быть применима для низкопроницаемых коллекторов, т.к. вода, насыщенная газом, будет иметь большую подвижность и отмывающую способность гидрофобных коллекторов.

Комбинация технологий водогазового воздействия сочетает указанные технологии, когда в процессе разработки залежи, в целях регулирования темпов разработки и степени выработки запасов нефти, технология последовательной закачки агентов дополняется совместной или переменной.

В технологиях ВГВ можно применять сухой и обогащенный промежуточными компонентами углеводородные газы, а также диоксид углерода, азот, дымовые и другие газы или их смеси [2].

Воздействие на нефтяные пласты не одной водой, а смесью воды и газа, позволит увеличить степень извлечения нефти из пласта за счет того, что вода будет, как и при заводнении, вытеснять нефть из мелких гидрофильных пор, а газ при водогазовом воздействии будет дополнительно вытеснять нефть из крупных гидрофобных пор.

Таким образом, при воздействии на нефтяной пласт одновременно водой и газом вытеснение нефти будет происходить путем пропитки мелких и дренирования крупных пор. Этот механизм аналогичен процессу вытеснения нефти водой. Однако в случае использования смеси двух вытесняющих агентов – воды и газа, полнота извлечения нефти будет выше за счет уменьшения остаточной нефтенасыщенности крупных пор.

Кроме того, часть газа растворяется в воде. Это ведет к уменьшению вязкости воды, снижению поверхностного натяжения на границе раздела фаз и вытеснению флюидов при расширении пузырьков газа, что также приводит к увеличению коэффициента вытеснения нефти ВГВ.

Увеличение степени нефтеизвлечения по сравнению с заводнением при водогазовом воздействии будет достигаться следующими факторами:

- снижением вязкости воды за счет растворения в ней газа;
- дополнительным вытеснением нефти газом из крупных гидрофобных пор и верхних тупиковых зон;
- увеличением коэффициента охвата по сравнению с чистым заводнением за счет безопасной для пласта блокировки каналов чрезмерно высокой проводимости;
- вытеснением нефти газом, при перемещении его в верхнюю часть пласта [3].

Механизм улучшения нефтевытеснения заключается в следующем. В отличие от воды, которая в заводненной зоне занимает мелкие поры и сужения, газ, закачанный в пласт как несмачиваемая фаза в газозаводненной зоне, наоборот, занимает крупные поры, а под действием гравитационных сил и верхние части пласта. Эти особенности воды и газа привели к выводу о целесообразности совмещения достоинств воды и газа с целью уменьшения их недостатков, применения их периодического, циклического нагнетания. Оптимальное соотношение объемов нагнетания воды и газа при таком воздействии должно быть пропорционально отношению объемов мелких пор (ниже среднего размера) и крупных пор (выше среднего размера) в коллекторе. В этом случае можно рассчитывать на достижение максимального эффекта от совместного нагнетания воды и газа в пласты (т.е. вытеснения водогазовой смесью), который будет обуславливаться тем, что фазовая проницаемость для смачивающей фазы зависит только от водонасыщенности, а наличие в пласте свободного газа увеличивает вытеснение нефти на величину предельной газонасыщенности (10-15 %), при которой газ неподвижен.

Поочередное нагнетание воды и газа способствует увеличению коэффициента вытеснения нефти и охвата неоднородных пластов заводнением вследствие снижения относительной проводимости высокопроницаемых пропластков, занятых водогазовой смесью. Вытеснение нефти из неоднородных пластов водой и газом совместно при любой технологии более эффективно для конечной нефтеотдачи, чем вытеснение отдельно только водой или газом. Основным условием оптимальности процесса водогазового воздействия на пласт является обеспечение равномерного распределения нагнетаемого газа по заводненному объему залежи, при котором происходит одновременный прорыв газа и воды в добывающие скважины [4].

Водогазовое воздействие на пласт аккумулирует преимущества вытеснения нефти водой и газом и устраняет присущие им недостатки. При использовании ВГВ происходит выравнивание профиля приемистости прискважинной части пласта вблизи нагнетательной скважины, увеличение коэффициента вытеснения нефти, а также наблюдается значительный прирост коэффициента охвата пласта.

Список литературы

1. Деева Т.А. Современные методы разработки месторождений на поздних стадиях / Т.А. Деева, М.Р. Камартдинов, Т.Е. Кулагина и др. – Т., 2006. – 281 с.
2. Мигунова С.В. Разработка и исследование технологии водогазового воздействия на нефтяные пласты юрских залежей / С.В. Мигунова, В.Г. Мухаметшин, З.Р. Хази-галеева. – С.: Професионал, 2010. – 176 с.
3. Хисамов Р.С. Моделирование разработки нефтяных месторождений / Р.С. Хисамов, А.В. Насыбуллин. – М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2008. – 256 с.
4. Сургучев М.Л. Вторичные и третичные методы увеличения нефтеотдачи пластов. – М.: Недра, 1985. – 308 с.

Получено 12.10.2015

УДК 621.811

Zocher Klaus-Peter Walter

Technische Universität Ilmenau (Германия)

М.В. Дудкин, К.К. Комбаев

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

АДАПТИВНО-СЕЛЕКТИВНАЯ СБОРКА ОБЪЕКТИВОВ МИКРОСКОПОВ

Принцип адаптивно-селективной сборки (ASM) узлов (BG), состоящих из конструктивных элементов (BE) и деталей (ET), был предложен более чем 20 лет назад в качестве современной компьютеризированной сборочной технологии [1]. Использование данного принципа при изготовлении подшипников качения, сборке двигателей вентиляторов, а также при сборке электромагнитных приводов и объективов микроскопов привело к расширению адаптивной компоненты *«Корректировки параметров процесса при изготовлении конструктивных элементов и деталей (BE/ET)»* за счет *«Компенсации качественных параметров при сборке узлов (BG)»* (рис. 1).

Во время адаптивно-селективной сборки (ASM) двигателей вентиляторов для компенсации дисбаланса статических и динамических характеристик [2], в процессе сборки револьверной головки и объективов микроскопов для компенсации отклонений механической и оптической осей [3], а также при сборке объективов микроскопов для компенсации ошибок изображений была выявлена необходимость компенсации качественных параметров на основе математической модели.

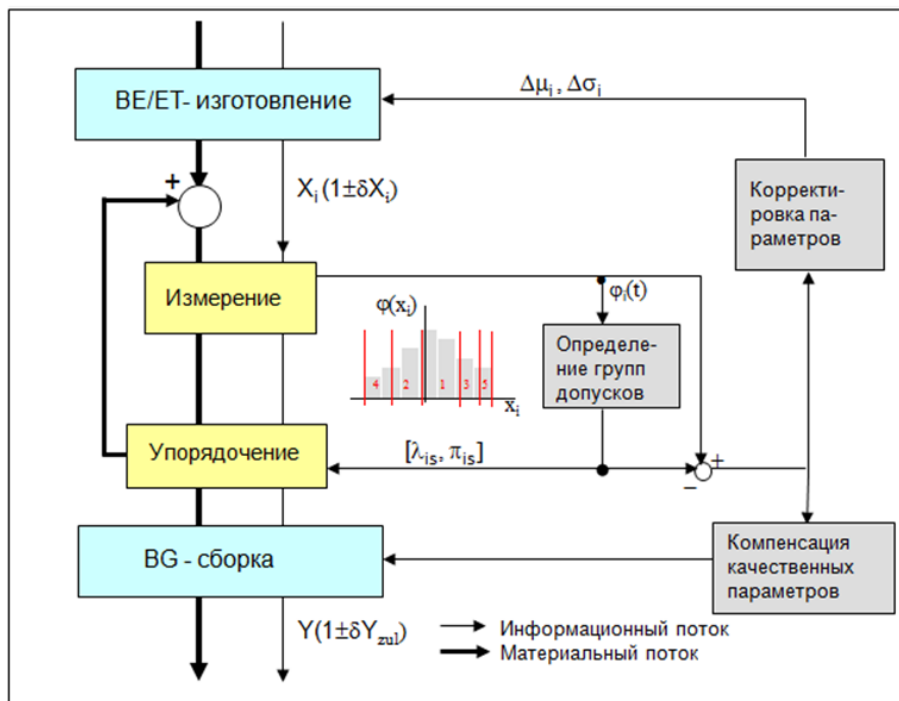


Рисунок 1 - Принцип адаптивно-селективной сборки (ASM)

На сборку оптомеханических и оптоэлектронных узлов большое влияние оказывает отклонение оптических характеристик, а также геометрические ошибки оптических и механических конструктивных элементов. При этом из-за высоких технологических затрат практически невозможно ужесточать допуски. До сих пор юстировка часто была единственной экономически приемлемой возможностью устранения или компенсации ошибок. Объективы микроскопов являются сложными оптическими системами с высокими требованиями качества изображения. Дифракционный предел разрешения ε рассчитывается через длину волны света λ и числовую апертуру ($\varepsilon = \lambda / 2A$). На семинаре «Гибкая сборка», проходившем 12 сентября 2008 года в техническом университете г. Ильменау, была представлена лаборатория «Гибкая сборка» как основа для проведения производственно-технических исследований, обучения и повышения квалификации [4].

На рис. 2 схематически представлены необходимые рабочие станции сборочной линии объективов микроскопов [5]. Станции соединены друг с другом через гибкую транспортную систему фирмы Montech AG, которая совместно с мобильным промежуточным накопителем реализует материальный поток на основе шаттлов, транспортирующих палеты. Промежуточный накопитель может быть использован так же, как стационарный склад. Взятие или помещение палет может осуществляться как вручную, так и с помощью индустриального робота [6]. Штриховая линия на рис. 2 показывает возможность разделения *сборки узлов* (вклейка линз в оправы, включая измерение оптических и механических параметров) и *сборки объективов микроскопов* (сборка стакана, объектива и окончательная сборка, включая контрольную станцию). Использование палет и промежуточного накопителя позволяет осуществить пространственное разделение линии, например для случая, когда сборка узлов будет осуществляться в чистой комнате. На рис. 3

представлен другой возможный вариант гибкой транспортной системы.

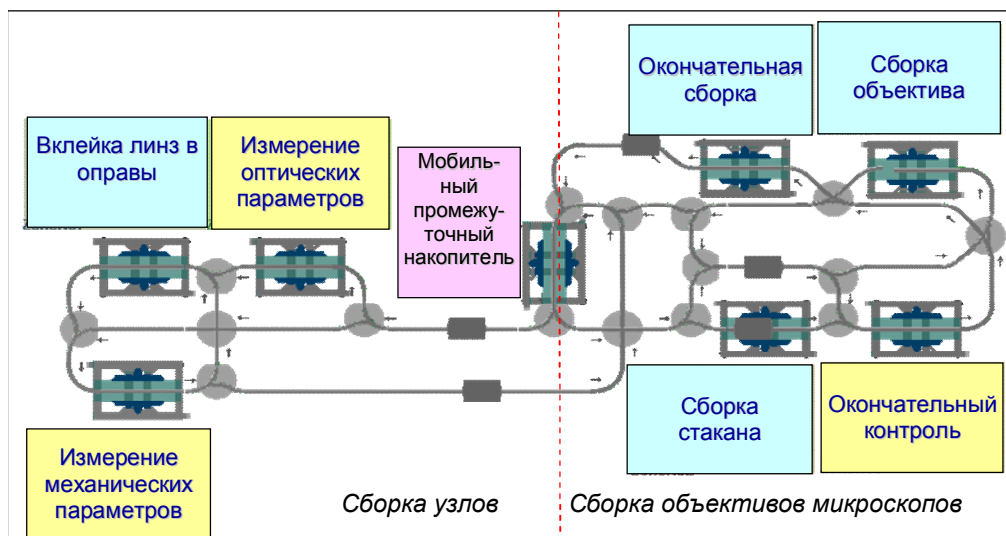


Рисунок 2 - Рабочие станции сборочной линии объективов микроскопов

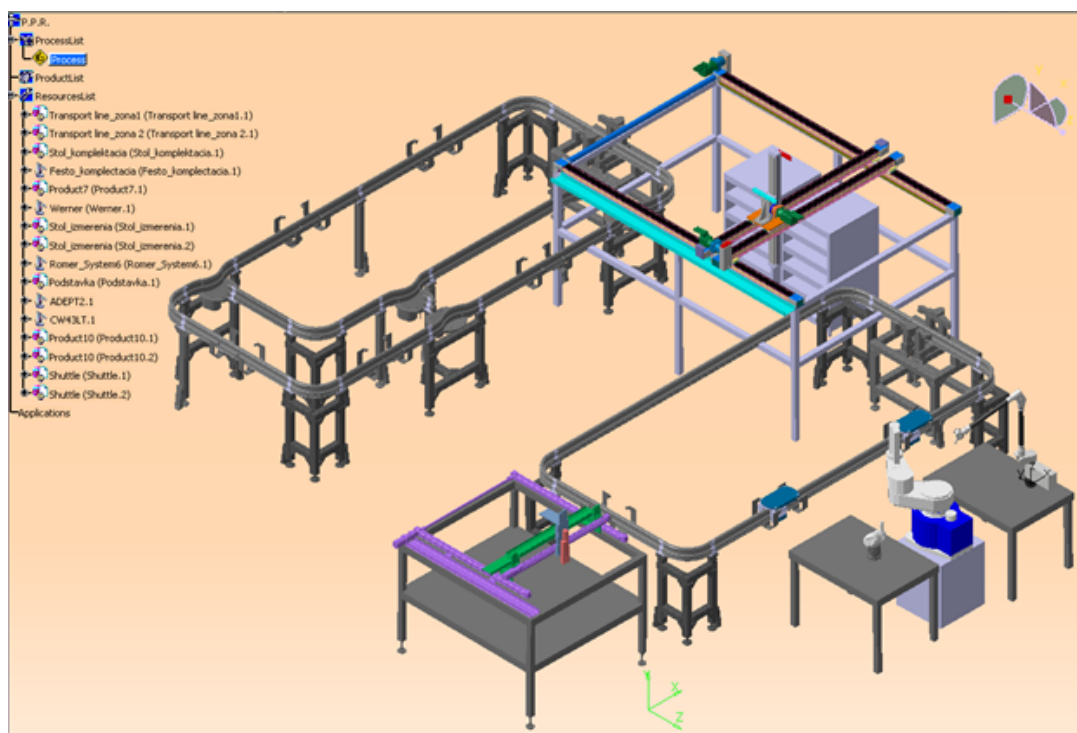


Рисунок 3 - Компьютерная модель сборочной линии

Здесь с помощью компьютерной модели представлены транспортная система и робототехническая система для автоматизации материального потока [7].

Определение групп допусков на основе реального распределения вероятностей [8]

всех производственных допусков собираемых конструктивных элементов (ВЕ) и деталей (ЕТ) имеет наибольшее значение и выступает в качестве *селективной компоненты* адаптивно-селективной сборки. Зачастую отбраковка предположительно некачественных конструктивных элементов (ВЕ) и деталей (ЕТ) является ошибочной – это связано с тем, что возможность компенсации качественных параметров значительно ограничена. При этом догоростоящие конструктивные элементы, детали и узлы считаются браком. Основной задачей адаптивно-селективной сборки является 100 % использование всех изготовленных конструктивных элементов и деталей с помощью корректировки качественных параметров. Несобираемые в данный момент конструктивные элементы и детали могут быть использованы в дальнейшем для сборки узлов, соответствующих установленному качеству.

Поэтому предварительный анализ конструкторских и технологических допусков является необходимым условием компенсации качественных параметров на основе предварительно определенных групп допусков; это было уже продемонстрировано при сборке револьверных головок и объективов микроскопов [3].

Используемая в настоящее время балансировка крыльчатки и якоря при изготовлении двигателей вентиляторов ведет к значительным техническим и технологическим затратам и оказывает негативное влияние на основные качественные признаки. Исследования показали, что для 10-15 % изготовленных якорей необходима одна технологическая операция, чтобы скомпенсировать имеющийся дисбаланс крыльчаток [2]. Для гарантии того, что все изготовленные крыльчатки и якоря будут собраны в данном сборочном цикле, необходимо определить группы допусков реального распределения вероятностей измеренных дисбалансов. В основном, достаточно 3-5 группы допусков, чтобы достичь полной возможности использования всех изготовленных крыльчаток и якорей. В то же время нет необходимости производить балансировку (в основном до 3 технологических операций) всех крыльчаток и около 85-90 % изготовленных якорей на специально разработанном, требующем больших затрат оборудовании. Для определения групп допусков и компенсации качественных параметров необходима специально разработанная математическая модель, чтобы при адаптивно-селективной сборке двигателей вентиляторов отрегулировать статические и динамические характеристики – положение и величину дисбаланса якоря и крыльчатки. Использование транспондеров в процессе транспорта изделий гарантирует рациональное получение и обработку данных во всем сборочном процессе.

При сборке объективов микроскопов можно достичь значительной экономии с помощью селективной сборки и адаптивной компенсации качественных параметров на основе математической модели. Чем больше число всех требуемых оптомеханических и механических узлов и деталей для сборки объективов микроскопов, тем достовернее определение групп допусков, при этом целенаправленно снижается количество всевозможных вариантов компенсации. Положительную роль для адаптивно-селективной сборки (ASM) объективов микроскопов играет использование RFID-системы, которая позволяет децентрализованно управлять большим количеством данных обо всех процессах измерений, манипуляциях и сборках на всех рабочих станциях [9]. Оснащение палеты мобильного промежуточного накопителя транспондерами позволяет с помощью остальных компонентов RFID-системы (антенны, устройств для чтения и записи) управлять всеми данными измерений и положения всех транспортируемых объектов для автоматизированной сборки.

На рис. 4 отмечены важные для адаптивно-селективной сборки объективов микроскопов области (для сборки линз и оправ – сплошная линия, для сборки стакана, объектива и

окончательной сборки – штрихпунктирная линия).

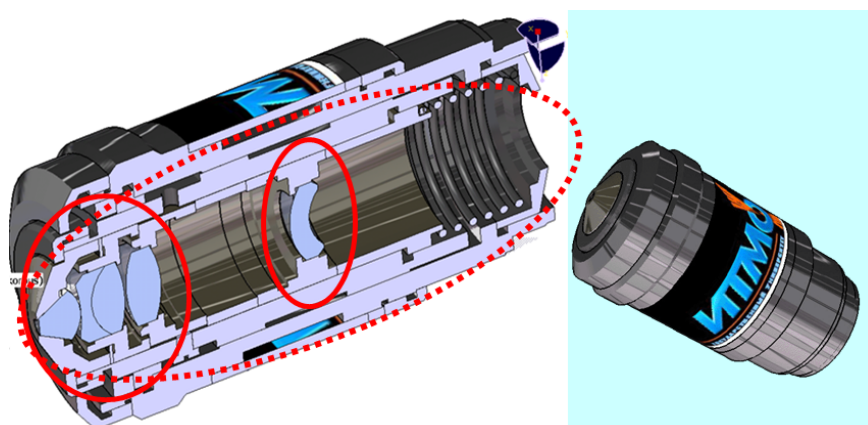


Рисунок 4 - Объектив микроскопа в разрезе

Следующие задачи реализованы на рабочих станциях ASM для автоматизированной типовой гибкой сборки объективов микроскопов, первоначально частично реализованной вручную.

Сборка узлов (селективная сборка):

- Измеренные линзы и оправы располагаются на палете определенным образом. Данные измерений автоматически передаются через RFID-систему компьютеру рабочей станции. После определения групп допусков добавляются необходимые данные для всех деталей.

- Взятие предназначенных для сборки конструктивных элементов с палеты или помещение уже собранных узлов на определенное место палеты отображается на мониторе компьютера рабочей станции.

- После взятия оправы (базовой детали) для помещения ее в оборудование для вклейки на мониторе компьютера рабочей станции отображается положение подходящей по группе допуска линзы, которая также помещается в оборудование для вклеивания. Затем следует процесс вклейки.

- Собранный узел помещается на свободное место оправы или на отдельную палету, данные о содержимом позиции обновляются. Добавляются данные децентрировки механической и оптической осей узлов (относительно метки на оправе), которые будут использоваться на дальнейших этапах сборки объективов микроскопов.

Сборка объективов микроскопов (адаптивно-селективная сборка):

- Измеренные детали и узлы располагаются на палете определенным образом. Данные измерений автоматически передаются через RFID-систему компьютеру рабочей станции. После определения групп допусков добавляются необходимые данные для всех деталей и узлов.

- Взятие предназначенных для сборки деталей и узлов с палеты или положение на палете неиспользованных деталей и узлов отображается на мониторе компьютера рабочей станции.

- Выбор компонентов для сборки осуществляется на основе расчета групп допусков. Благодаря этому на основе математической модели могут быть рассчитаны возможности компенсации. После контроля полученного качества изображений (чтобы избежать неоднократного процесса сборки и демонтажа) будет осуществляться дальнейшая сборка либо

будет проверяться на собираемость другой конструктивный элемент.

- Компоненты, которые не собираются в данный момент, снова помещаются на определенную позицию с сохранением всех данных и могут быть использованы для дальнейшей сборки. Собранные узлы помещаются на определенные позиции на палете, данные измерений сохраняются.

Эти операции частично или полностью подходят для сборки стакана, объектива и окончательной сборки.

Поставленные цели создания «Интегрированной системы автоматизированной сборки объективов микроскопов» [10] не могут быть реализованы без проведения предварительных исследований и испытаний. В многочисленных докладах семинара «Гибкая сборка» будут показаны разработанные решения. А.П. Смирновым [11] разработана «Математическая модель виртуальной сборки» для адаптивно-селективной сборки объективов микроскопов.

Автоматизация материального потока посредством палет на самостоятельно перемещающихся шаттлах транспортной системы Montrac является высокотехнологичным промышленным решением [12]. Для реализации автоматизации было разработано интеллектуальное управление движением, которое значительно снизило затраты по сравнению с более простыми аналогами [13].

Управление всем технологическим процессом (измерением, манипуляциями, сборкой) для адаптивно-селективной сборки в производстве микрообъективов предполагает компьютеризированное управление информационными потоками. Один только автоматизированный обмен данными между измерительной системой OSPREY и RFID-системой [9] связан со значительными затратами.

Недавно созданная лаборатория «Гибкая сборка» в СПбГУ ИТМО является прекрасной возможностью для апробации решений и согласованности отдельных компонентов при переходе от ручной к автоматической сборке. Полученные результаты реализации поставленных задач будут продемонстрированы на семинаре «Гибкая сборка».

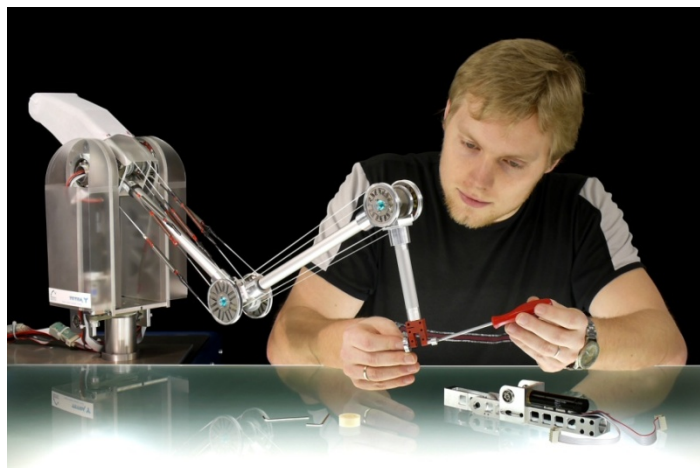


Рисунок 5 - BioRob[®] фирмы Tetra [14]

Для манипуляции конструктивными элементами и узлами или для измерительных и сборочных операций необходимо использование на отдельных рабочих станциях сборки объективов микроскопов гибкого в использовании и быстро перепрограммируемого индустриального робота, работающего совместно с человеком и параллельно с автоматизи-

рованной рабочей станцией для типовой гибкой сборки объективов микроскопов.

Referenzen

1. Zocher K.-P. CAQ und CIM - Adaptive und Selektive Montage in der flexiblen, Fertigung. Wiss. Zeitschrift der TU Ilmenau. - 35(1989)4. - S. 101-118.
2. Zocher K.-P., Grabow J., Szczesny D. Unwuchtkompensation durch Adaptive und Selektive Montage. In: 41. IWK TU Ilmenau 1999, Band 1 - Vortragsreihe Produktionstechnik. - S. 323-328.
3. Orlova A.A., Linkov A.E., Zocher K.-P. Adaptive und Selektive Montage in der Revolvermikroskopfertigung. In: 47. IWK TU Ilmenau 2005, Tagungsband. - S. 531-532.
4. Latyev S.M., Jablotschnikov E.I., Padun B.S., Frolov D.N., Tabachkov A.G., Theska R., Zocher K.-P. Laboratorium zur automatisierten Montage von Mikroskopobjektiven. In: Broschüre «Workshop - Flexible Montage» anlässlich des 53. IWK TU Ilmenau 2008. - S. 5-8.
5. Tabachkov A., Zocher K.-P. Модель и алгоритм работы линии сборки. In: Broschüre «Workshop - Flexible Montage» an der TU Ilmenau vom 09.-10.03.2010 - S. 26-33.
6. Neuland M., Mollenhauer O., Zocher K.-P. Zwischenspeicher für die flexible Montage. In: Broschüre «Workshop - Flexible Montage» anlässlich des 53. IWK - TU Ilmenau 2008. - S. 16-20.
7. Алёшина Е.Е. Создание цифровой модели автоматизированной линии сборки оптических изделий и узлов / Е.Е. Алёшина, А.Л. Комисаренко, Е.И. Яблочников. - In: Broschüre «Workshop - Flexible Montage» an der TU Ilmenau vom 09.-10.03.2010. - S. 62-65.
8. Zocher K.-P., Kosub S., Görsch D. Toleranzgruppenoptimierung für die Adaptive und Selektive Montage. In: 44 IWK TU Ilmenau. 1999, Band. - S. 463 - 468.
9. Saenko A., Smirnov A. Datenaustausch zwischen Meßsystem OSPREY und RFID-System der GERA-IDENT GmbH. In: Broschüre «Workshop - Flexible Montage» an der TU Ilmenau vom 09.-10.03.2010. - S. 43-48.
10. Падун Б.С. Интегрированная система автоматизации сборки микрообъективов / Б.С. Падун, С.М. Латыев. - In: Broschüre «Workshop - Flexible Montage» an der TU Ilmenau vom 09.-10.03.2010. - S. 93-100.
11. Смирнов А.П. Математическая модель виртуальной сборки микрообъективов. - In: Broschüre «Workshop - Flexible Montage» an der TU Ilmenau vom 09.-10.03.2010. - S. 81-90.
12. Wiedermann D. Neuheiten des Montrac-Systems für die Flexible Montage. In: Broschüre «Workshop - Flexible Montage» an der TU Ilmenau vom 09.-10.03.2010. - S. 34-37.
13. Gerdes K.-H. Intelligente Fahrsteuerung. In: Broschüre «Workshop - Flexible Montage» an der TU Ilmenau vom 09.-10.03.2010. - S. 38-42.
14. Karguth A., Trommer C. Leichtbau-Roboterarm BioRob® für den Einsatz in der Montage. In: Broschüre «Workshop - Flexible Montage» an der TU Ilmenau vom 09.-10.03.2010. - S. 49-51.

Получено 14.10.2015

УДК 621.812

Zocher Klaus-Peter Walter

Technische Universität Ilmenau (Германия),

М.В. Дудкин, К.К. Комбаев

Восточно-Казахстанский государственный технический университет им. Д. Серикбаева,
г. Усть-Каменогорск

ОПТИМИЗАЦИЯ ГРУПП ДОПУСКОВ ПРИ АДАПТИВНОЙ И СЕЛЕКТИВНОЙ СБОРКЕ ЛИНЗ И ОПРАВ ОБЪЕКТИВОВ МИКРОСКОПОВ

Определение групп допусков методом «Worst-case» (метод экстремумов)

Предпосылкой для повышения серийности производства объективов микроскопов является унификация конструкции сборочных единиц, узлов и отдельных деталей [1]. Размеры и допуски унифицированной сборки - 1А (см. комплект чертежей 'A2-LITMO-

Plenau ASM' [2]) являются основой для данного подхода. Даны диаметр оправы $X_1 = 4,5^{+0,005}_0$ мм и диаметр линзы $X_2 = 4,5^{-0,02}_{-0,05}$ мм. При формировании групп А, В, С, D (табл. 1) были (по [2]) увеличены в 30 раз допуски на диаметр оправы X_1 так, что $X_1 = 4,5^{+0,15}_0$. В группах А и В с «□ оправы/линза» = 19 мкм и в группах С и D с «оправы/линза» = 20 мкм гарантированный зазор для клея составляет соответственно 9,5 мкм и 10 мкм.

Таблица 1

Данные по ширине зазора $\frac{1}{2}y^* = 9,5 \text{ мкм}$ или 10 мкм

Ø Оправы X_1 [mm]				Ø Линзы X_2 [mm] $X_2 = 4,5e9[-0,020/-0,050]$		Δ Оправка/линза [mm] $Y = X_1 - X_2$	y^* [mm]
		X_1^*	$X_{1\min} / X_{1\max}$	$X_{2\max} / X_{2\min}$		$Y_{\min, \max}$	
A	A	4,5025	4,500 / 4,505	B	4,464 / 4,450	0,036 / 0,055	0,0455
B	B	4,5525	4,550 / 4,555	B	4,464 / 4,450	0,086 / 0,105	0,0955
C	C	4,6025	4,600 / 4,605	A	4,480 / 4,465	0,120 / 0,140	0,1300
D	D	4,6525	4,650 / 4,655	A	4,480 / 4,465	0,170 / 0,190	0,1800

Получение групп (А, В, С, D) основано на расчетах «максимума/минимума». Таким образом принимается, что производственные допуски подчиняются законам равномерного распределения. Фактическое распределение вероятностей производственных допусков собираемых линз и оправ не рассматривается.

Оптимизация групп допусков с помощью ASM – OPT 320

Альтернативным методом группированию А,В,С,Д является определение групп допусков с помощью программного комплекса ASM – OPT 320 [3]. Эта программа требует представления распределения допусков в симметричном виде, поэтому расчеты основываются на определении параметров функции распределения качества полученного размера $-X$ [4] (рис. 1).

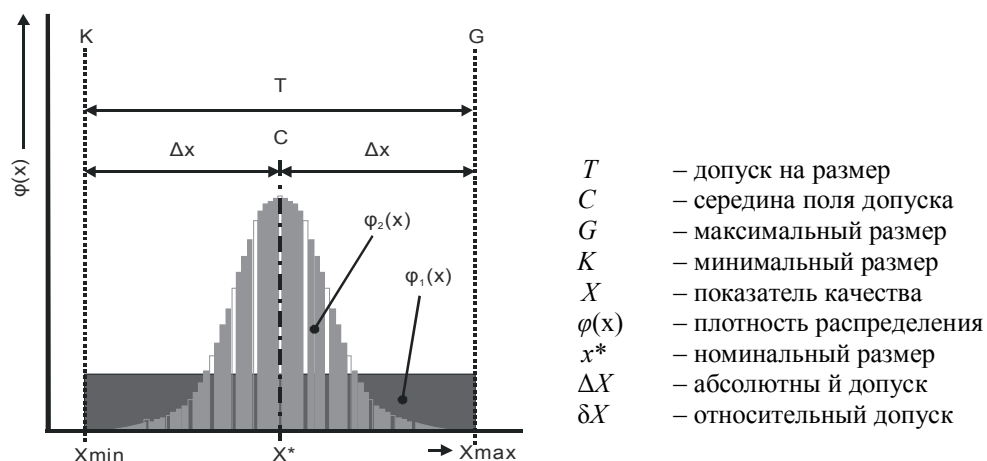
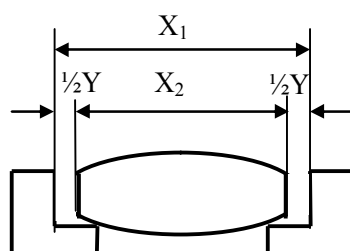


Рисунок 1 - Пояснения к характеристикам размеров и допусков показателя качества X

На сборку узла «линза в оправе» оказывают влияние следующие величины (рис. 2).



$$Y = X_1 - X_2, \quad y^* = x_1^* - x_2^*$$

$$x_i^* = \frac{1}{2} (x_{i \max} + x_{i \min})$$

$$\Delta X_i = (x_{i \max} - x_i^*) = - (x_{i \min} - x_i^*)$$

$$\pm \delta X_i = \frac{\pm \Delta X_i}{x_i^*} \cdot 100\% \quad \pm \delta Y = \frac{\pm \Delta Y}{y^*} \cdot 100\%.$$

Рисунок 2 - Схематическое изображение исходных данных для ОПТ 320

Для расчета исходных данных в ОПТ 320 сначала требуется определение размеров и допусков для величины зазора в $\frac{1}{2}y^*=10$ мкм (табл. 2).

Таблица 2

Данные для величины зазора $\frac{1}{2}y^*=10$ мкм

Величина зазора для клея $\frac{1}{2}y^* = 10$ мкм	$x_i^* \pm \Delta X_i$ [мм]	$\pm \delta X_i$ [%]	α_i	$y_i^* \pm \Delta Y_i$ [мм]	$y \pm \Delta Y_i$ [мм]	δY_{zul} [%]	Ψ
$X_1 = 4,5^{+0,005}_0$ мм	4,5025 $\pm 0,0025$	0,055525	225,125	0,020 $\pm 0,005$	0,0225 $\pm 0,0025$	25	1
$X_2 = 4,5^{-0,015}_{-0,020}$ мм	4,4825 $\pm 0,0025$	0,055772	-224,125	..... $\pm 0,001$	.....	5	5

Диаметр оправы выбираем соответствующий оригинальному $X_1 = 4,5^{+0,005}_0$ мм. Допуск на диаметр линзы для начала снизим с $X_2 = 4,5^{-0,02}_{-0,05}$ мм до $X_2 = 4,5^{-0,015}_{-0,020}$ мм. Тогда будет обеспечен гарантированный зазор для клея в 10 мкм во всех рассчитываемых группах. Требуемый допуск δY_{zul} также снизим с 25 % до 5 %. Тогда требуемый допуск на зазор для клея $\frac{1}{2}y^*=10 \pm 0,5$ мкм и возможные реальные допуски $\delta Y = \sqrt{\delta X_1^2 + \delta X_2^2}$ [4] в 5 раз грубее, чем требуемые допуски δY_{zul} .

В процессе расчетов групп допусков на ASM-ОПТ 320 был использован закон нормального распределения производственных допусков ($c_p=1$, $c_{pk}=0$), что наиболее соответствует реальному вероятностному распределению допусков в условиях стабильного производства. Однако могут быть введены фактические распределения вероятностей. Обычно, при расчетах групп допусков по методу «Worst-case» будет около 40-60 % несобранных компонентов, поскольку реальные распределения вероятностей производственных допусков не были учтены.

Если поднять реализуемые производственные допуски с 0,056 % до $\delta X_i = 0,1$ %, т.е. в 1,8 (!) раза, в то время как значение функции требуемых допусков снизить с 25 % до $\delta Y_{zul} = 5$ %, т.е. в 5 (!) раз, то зазор для клея $\frac{1}{2}y^*=10$ с точностью $\pm 0,5$ мкм может быть реализован с гораздо меньшими технологическими затратами (табл. 3).

Таблица 3

Увеличение производственных и уменьшение функциональных допусков (при $\frac{1}{2}y^*=10$ мкм)

i	δX_i [%]	$x_i^* \pm \Delta X_i$ [мм]	δY_{zul} [%]	$y^* \pm \Delta Y$ [мм]	Ψ
1	0,055525 → 0,1 (в 1,8 раза)	4,5025 ± 0,0045	25	0,020 ± 0,005	5
2	0,055772 → 0,1 (в 1,8 раза)	4,4825 ± 0,0045	(в 5 раз) 5	.....	.....

			$0,020 \pm 0,001$	9
--	--	--	-------------------	---

Коэффициент соотношения допусков $\Psi=9$ показывает, что реализуемый производственный допуск δY может быть в 9 раз грубее требуемого допуска δY_{zul} .

На рис. 3 показаны результаты, полученные при расчетах групп допусков с помощью программы ASM-OPT 320. Был использован коэффициент $\Psi=9$ и объем партии $n_L=1000$. Собираются 99,9 % всех компонентов, распределенных на 9 групп допусков.

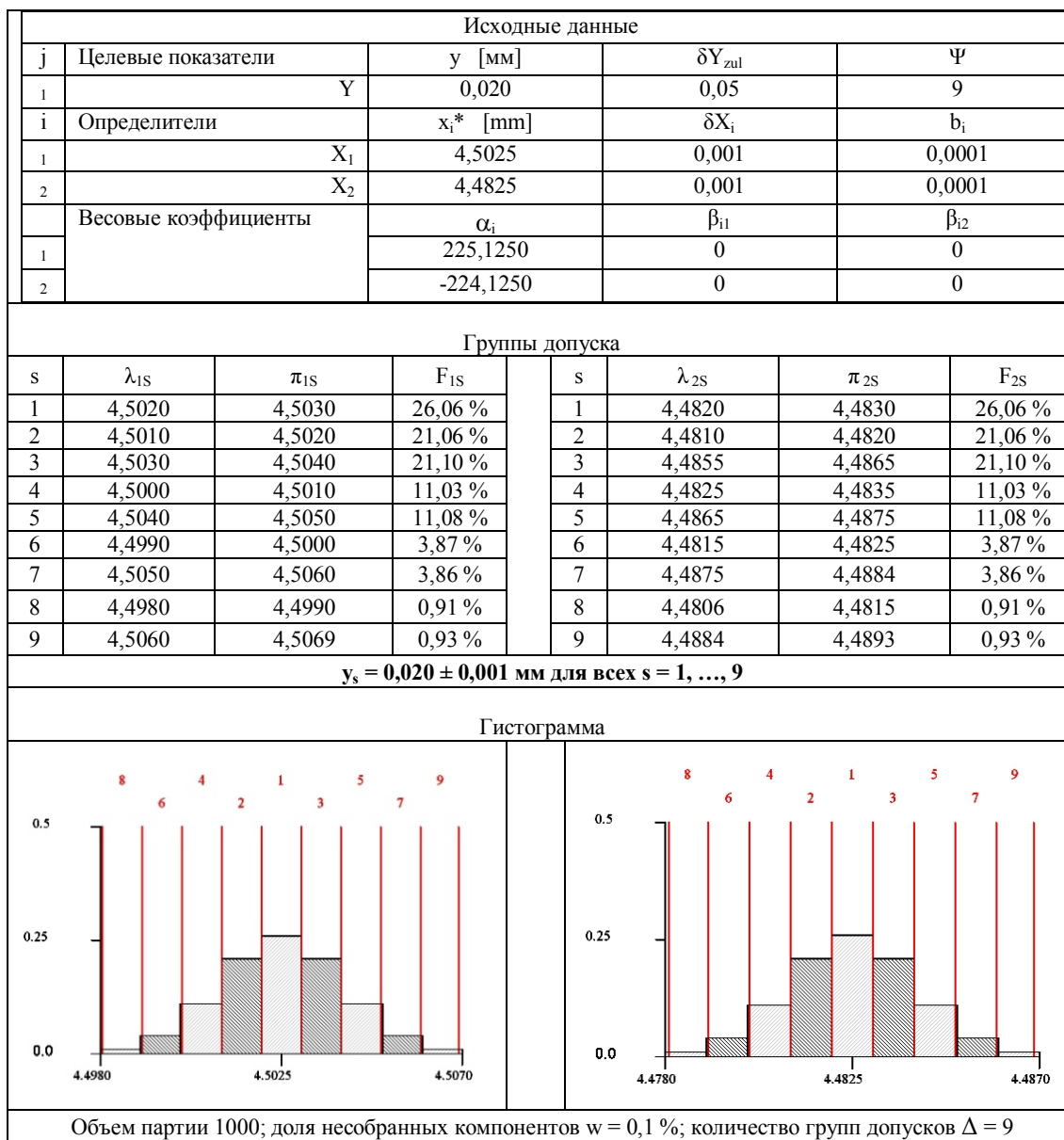


Рисунок 3 - Результаты расчетов групп допусков для зазора под клей $\frac{1}{2}y^* = 10$ мкм

Если же увеличить допуск, реализуемый производством с 0,056 % до $\delta X_i = 1$ %, т.е. в 18

раз, можно достичь необходимого зазора в $\frac{1}{2}y^*=10\pm0,5\mu\text{м}$ с еще меньшими технологическими затратами. Тогда коэффициент соотношения допусков будет $\Psi=90$; реализуемый производством допуск δY может быть в 90 раз грубее, чем требуемый допуск $\delta Y_{zul}=5\%$. В этом случае собираются 98 % всех деталей, распределенных на 75 групп допусков. Полная взаимозаменяемость гарантируется ASM-OPT только для деталей, находящихся в одной группе допусков.

Расчеты с помощью ASM-OPT 320 показывают, что требования к формированию групп А, В, С, D, преследующие своей целью 'расчет групп допусков -ASM' и обеспечение гарантированного зазора $\frac{1}{2}y^*=10\pm0,5\mu\text{м}$, для каждой группы сильно завышены.

Если есть требование осуществить ширину зазора для клея в $\frac{1}{2}y^*=1\mu\text{м}$, предлагаются следующие размеры и допуски (табл. 4).

Таблица 4

Данные для зазора $\frac{1}{2}y^*=1\text{ мкм}$

Величина зазора для клея $\frac{1}{2}y^*=1\text{ мкм}$	$x_i^*\pm\Delta X_i$ [мм]	$\pm\delta X_i$ [%]	α_i	$y_i^*\pm\Delta Y_i$ [мм]	$y\pm\Delta Y_i$ [мм]	δY_{zul} [%]	Ψ
$X_1 = 4,5_{+0,002}^{+0,002}\text{ мм}$	4,5010 $\pm 0,0010$	0,022217	2250,5	0,0020 $\pm 0,0020$	0,0020 $\pm 0,0020$	100	1
$X_2 = 4,5_{-0,002}^0\text{ мм}$	4,4990 $\pm 0,0010$	0,022227	-2249,5	.... $\pm 0,0004$	.... $\pm 0,0004$	.... 20	.... 5

Для реализации зазора в $\frac{1}{2}y^*=1\text{ мкм}$ были увеличены производственные допуски до $\delta X_i=0,1\%$, т.е. в 4,5 (!) раза, и уменьшены требуемые допуски до $\delta Y_{zul}=20\%$, т.е. в 5 (!) раз (табл. 5).

Таблица 5

Увеличение производственного и уменьшение требуемого допуска (для $\frac{1}{2}y^*=1\text{ мкм}$)

i	δX_i [%]	$x_i^* \pm \Delta X_i$ [мм]	δY_{zul} [%]	$y^* \pm \Delta Y$ [мм]	Ψ
1	0,022217 $\rightarrow 0,1$ (в 4,5 раза)	4,501 $\pm 0,0045$	100 20 (в 5 раз)	0,0020 $\pm 0,0004$	1 22,5
2	0,022227 $\rightarrow 0,1$ (в 4,5 раза)	4,499 $\pm 0,0045$	.... 10 (в 10 раз)	.... $\pm 0,0002$	.... 45

Коэффициент соотношения допусков здесь $\Psi=22,5$, т.е. реализуемые производственные допуски могут быть в 22,5 раза грубее, чем допустимые требуемые допуски δY_{zul} . Доля неоконченного производства составляет 0,3 %. Были определены 23 группы допуска при объеме партии $n_L=1000$.

Программа OPT 320 гарантирует нахождение по крайней мере одного компонента в каждой группе допусков. Таким образом при объеме партии $n_L<100\dots250$ увеличивается доля незаконченного производства. Ширина группы допуска лежит в диапазоне 0,3...0,4 мкм. Для осуществления сборки требуются высокоточные измерительные приборы, сборка должна проходить только в условиях «чистой комнаты» с использованием специальных сборочных устройств. Следует заметить, что уменьшение зазора приводит к более экономичному расходу клея.

Если требуемый зазор для клея $\frac{1}{2}y^*=1\pm0,1\text{ мкм}$, то требуемый допуск уменьшается в 10 раз до $\delta Y_{zul}=10\%$. Тогда коэффициент соотношения допусков $\Psi=45$. При таких усло-

виях доля незаконченного производства составит 2,3 %. Будет выделено 46 групп допусков при размере партии в $nL=1000$.

Выводы по требованиям к изготовлению и сборке, размерам и допускам линз и оправ объектива микроскопа

Проведенные исследования показывают, что требования изготовления линз и оправ с определенным полем допуска, а также установление величины зазора для клея в сборке и их требуемые допуски - связаны между собой. Главной задачей всегда является *минимизация технологических усилий и затрат для достижения необходимого качества в 'изготовлении и сборке'*.

Цель группирования «worst-case» заключалась в увеличении допуска с $\Delta X_1=0,005$ mm до $\Delta X_1=0,15$ mm. Тот факт, что разбиение на группы А, В, С, D для современной технологии сборки объективов микроскопа непригодно, исходит из следующего:

1. В расчетных группах не гарантируется полная взаимозаменяемость при реальном распределении вероятностей появления размеров.

2. В каждой группе меняется номинальный размер, что ведет к изменению настройки оборудования и перебоям в сборочном процессе.

3. Изменение условий и перенастройка производства ведет к уменьшению количества единиц, участвующих в сборочном цикле, что противоречит принципу унификации.

Увеличение производственного и уменьшение требуемого допуска при помощи технологии расчета групп допусков ASM обеспечивает заданный зазор для клея для каждой группы допусков лучше, чем традиционный подход.

Увеличение коэффициента соотношения допусков Ψ , ведущее к увеличению групп допусков ρ не является проблемой для гибкой ASM-ячейки, а технология RFID в совокупности с интеллектуальными возможностями сборочных систем [6] позволяют находить новые идеи для осуществления гибкой сборки [7]. Такого рода «новое мышление» необходимо для производственно- и сборочно-ориентированных измерений размеров и полей допусков, а также для развития современной технологии изготовления объективов микроскопа. Постоянное улучшение качества продукции, а вместе с тем снижение расходов на обеспечение требуемого качества является предпосылкой не только для усовершенствования производства деталей и сборок, но и к разработке качественно новой продукции.

Список литературы

1. Tabachkov A.G., Latyev S.M. Унификация конструкций линзовых микрообъективов. In: Broschüre «Workshop - Flexible Montage» an der TU Ilmenau vom 09.-10.03.2010. - S. 73-80.
2. Tabachkov A. Zeichnungssatz (T-806-22.05-1, T-806-22.05-2, T-806-22.05-3) unifizierter Baugruppen für Mikroskopobjektive. - St. Petersburg, 2010.
3. Zocher K.-P., Kosub S., Görsch D. Toleranzgruppenoptimierung für die Adaptive und Selektive Montage. Tagungsband zum 44. IWK der TU Ilmenau, 1999.
4. Zocher K.-P. Methoden der Toleranzrechnung und Toleranzoptimierung, Kapitel 11.7 in Qualitätsmanagement für Ingenieure, Fachbuchverlag Leipzig, 3. Auflage, 2011.
5. Zocher K.-P. Toleranzgruppenoptimierung für die Adaptive und Selektive Montage von Linsen und Fassungen für Mikroskopobjektive. Abschlußbericht TU Ilmenau, 2010.
6. Reinhart G. Fit durch Kognition: Ein Blick in die Montagesysteme der Zukunft. 22. Deutscher Montagekongress, Ingolstadt, 2010.
7. Workshop - «Flexible Montage» 09.-10.03.2010, Tagungsmaterial TU Ilmenau, 2010.

Получено 14.10.2015

ӘОЖ 621.01

К.Т. Шеров, А.К. Шеров, М.М. Мусаев, А.К. Ракишев, Б.С. Дөненбаев, Е. Нығыжан
Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ.

Т.Б. Курманғалиев

Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті, Өскемен қ.

**ҚИЫН ӨНДЕЛЕТІН МАТЕРИАЛДАРДАН ЖАСАЛҒАН
ТЕТІКТЕРДІ ӨНДЕУ САПАСЫН АРТТЫРУ МӘСЕЛЕЛЕРІ**

Ғылыми-техникалық дамудың өсуі жоғары беріктік, екпінді тұтқырлық пен коррозияға шыдамдылық сияқты қасиеттері бар арнайы физика-химиялық ерекшеліктерге ие, қиын өнделетін материалдарды (титан қорытпалары; ыстыққа, коррозияға төзімді, беріктігі жоғары болаттар және т.б.) пайдаланатын авиациялық, ракеталық, космостық сияқты машинажасаудың жетекші салалары тау-кен және газ өндіру, қара және түсті металлургия, энергетикалық және химиялық машинажасаудың дамуымен тығыз байланысты. Сондықтан қиын өнделетін материалдарды өңдеу тиімділігін жоғарылату мәселесі практикалық тұрғыдан да, ғылыми тұрғыдан да маңызды және көкейкесті міндеттердің бірі болып табылады.

Кесіп өңдеу түрлі бөлшектерді жасаудың негізгі тәсілі болып келеді және әртүрлі бұйымдарды дайындаудың жалпы еңбек сыйымдылығының 80 %-ын құрайды. Қиын өнделетін материалдардан жасалған бөлшектердің өзіндік құнының құрылымындағы кесуші құралға кететін шығынның мөлшері 42 %-ға дейін жетеді [1]. Кесу процесі өнделетін материалдың физика-химиялық қасиеттеріне, кесуші құралдың сапасына, кесу жағдайларына, білдектің жағдайына, технологиялық жүйенің қатаңдығына тәуелді болатын өте күрделі құбылыстар кешенін бейнелейді.

Кесіп өңдеудің әрбір түрі (мысалы, қарапайым кесумен, дірілдік немесе электрохимиялық өңдеу) өзінің рационалды қолдану аймағына ие. Өңдеудің белгілі бір түрін таңдау, бір жағынан, бөлшектің пішініне, өңдеу дәлділігіне және бет сапасына қойылатын талапқа, екінші жағынан, өнімділікпен анықталатын өңдеудің қолжетімді экономикалық тиімділігіне байланысты. Сондықтан қиын өнделетін материалдарды кесу процестерін зерттеудің тәжірибелік міндеттері өңдеудің дұрыс әдісін таңдау және талап етілген сапа мен дайындалатын бөлшектердің ең төмен өзіндік құны орындалатын, сонымен қоса өңдеудің максималды мүмкін өнімділігіне қол жететін өңдеу жағдайларының тағайындалуы болып табылады.

Тетікті өңдеу процесі кезінде қиын өнделетін материалдардың физикалық және химиялық қасиеттеріне байланысты белгілі шарттарды, яғни кесуші құралдың төзімділігіне, тетік бетінің сапасына әсер етуші шарттарды ұстанған жөн. Қиын өнделетін материалдардың ерекшеліктеріне төмен жылу өткізгіштік, жоғары тұтқырлық, жоғары меншікті беріктік, жоғары ыстыққа төзімділік, қиын өңделушілік және т.б. қасиеттерді жатқызуға болады. Өңделуші материалдың төмен жылу өткізгіштігі кесуші құралдың кесу жиегінің қатты қызып кетуіне алып келеді, өйткені не дайындама, не жоңқа жылуының жеткілікті шығарылуын қамтамасыз етпейді. Ал жоғары тұтқырлыққа ие

материалдан жасалған дайындамаларды өңдеу кезіндегі алынатын жоңқа құралдың кесуші жиегіне жабысуы мүмкін, ал ол өз кезегінде алдында кесілген жоңқаның қайталанып кесілуіне және кесуші жиектің артқы бетінің шаршауына алып келеді. Сондықтан кесуші құралдың әр пластинасының ұяшығының жанына май суыту сұйықтығын (МСС) құрал арқылы жеткізген жөн. МСС сырттай беру қажет емес, өйткені ол жылулық сокқы салдарынан кесуші жиектің бұзылуына алып келеді.

Бұдан басқа осындай материалдарды өңдеу кезінде «тойтармалық адгезия» пайда болады, яғни ол дегеніміз - өңделетін материалдың кішкентай бөлшектерінің кесуші жиектің алдыңғы бетімен диффузионды пісірілуі. Осындай тозу түрімен күресу үшін кесуші жиек өте сүйір бұрышты болуы, яғни оның алдыңғы бұрышы 5-7 градус болуы керек. Тойтармалық адгезиямен күресу әдісі кесу жылдамдығын арттыру болып табылады. Ал құралдың қызып кетуін төмендету үшін, жылдамдықты азайту қажет. Сонымен, кесу режимдерін дұрыс тағайындау өте маңызды. Қиын өңделетін материалдарды кесудің оңтайланған режимдерінің диапазоны өте қысқа.

Еңбек өнімділігін жоғарылату, өңдеудің құнын төмендету және бұйымның берілген талаптарын қамтамасыз ету үшін қиын өңделетін материалдардың өңделушілігін жақсарту қажет. Өңделушілікті жақсартудың негізгі тәсілдеріне келесі әрекеттер жатады:

- дайындама материалының химиялық құрамын оңтайландыру. Мысалы, болаттардың өңделушілігін жақсартуды оның құрамындағы күкірт, қорғасын және кальций мөлшерін ұлғайту нәтижесінде алуға болады;

- құралдың кесуші бөлігінің материалын рационалды таңдау. Қаттылығы жоғары құралды қолдану кесу жылдамдығын 5...6,5 м/с дейін ұлғайтуға мүмкіндік береді. Сонымен қоса құралдың кесуші бөлігінің бетіне вольфрам карбиді мен титан нитритінен жасалған көп қабатты жабындарды қаптау үйкеліс коэффициентін, кесу күштерін азайтуға және тозуға төзімділігін жоғарылатуға мүмкіндік береді;

- құралдың және кескіш геометриясының рационалды типін таңдау. Дайындамаларды өңдеу жағдайларына байланысты құралдың кесуші бөлігінің конструктивті ерекшеліктері мен геометриялық параметрлері үлкен аралықта өзгере алады;

- тиімді майлау-суыту технологиялық орталарын (МСТО) қолдану. Осындай ортаны қолдану кесу процесінің тиімді қуатын азайтады, кесуші құралдың төзімділігін жоғарылатады (орта шамамен 1,5-3 есе), өңделген беттің дәлдігін арттырады және технологиялық параметрлерін жақсартады;

- кесу режимдерін оңтайландыру. Мысалы, дайындаманы жоғары жылдамдықпен кесу қиын өңделетін материалдың өңделушілігін жоғарылатады, яғни кесу кезінде пайда болатын жылу құралды қыздыруға үлгермей, жоңқаға беріледі. Сонымен қоса жоңқаның алыну процесі кезінде пластикалық деформациялану жұмысы азайғандықтан, өңделушіліктің жоғарылауына септігін тигізеді;

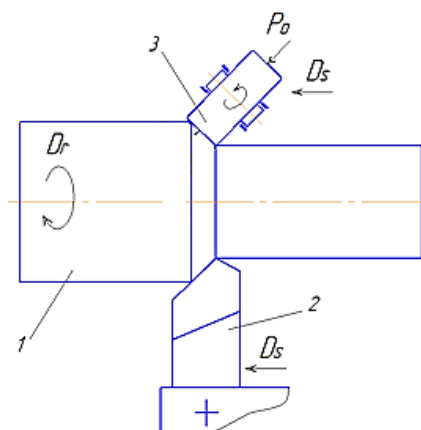
- кесу аймағына қосымша энергияны енгізу. Осы әдіс қиын өңделетін материалдарды пластикалық деформациялау, діріл мен қыздырумен кесіп өңдеу жолымен орындалады.

Өңделуші материалдың пластикалық деформациялануы оның пластикалылығының белгілі бөлігін жояды, яғни осының арқасында кесу аймағындағы температура мен жұмысты төмендетеді, құралдың төзімділігі мен еңбек өнімділігін арттырады. 1-суретте озушы пластикалық деформациялаумен (ОПД) жону сұлбасы көрсетілген.

Дірілдік кесудің мәні өңдеудің күнделікті кинематикалық сұлбасына құралдың дайындамаға қатысты немесе дайындаманың құралға қатысты қосымша еріксіз тербелісті

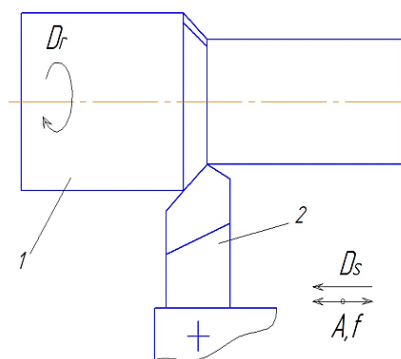
қозғалысының қосылуы болып табылады.

2-суретте дірілдік жонудың сұлбасы көрсетілген.



1-сурет – Озушы пластикалық деформациялаумен (ОПД) жону сұлбасы:

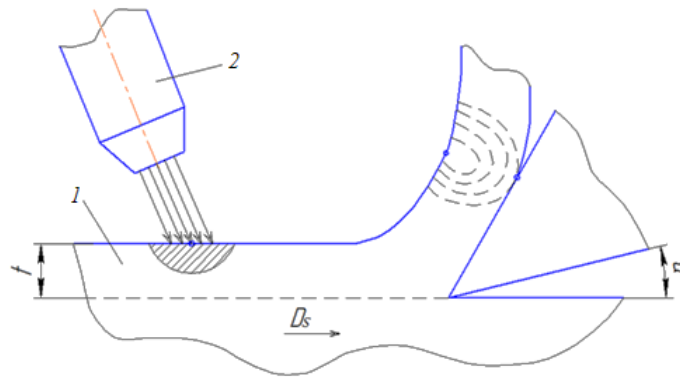
1 – дайындама, 2 – кесуші құрал, 3 – беріктендіруші құрылғы (ОПД)



2-сурет – Дірілдік жонудың сұлбасы:

A – тербеліс амплитудасы, f – тербеліс жиілігі (50 Гц-ке дейін)

Қыздырып кесу әдісінің мәні (термокесу) дайындамадан жоңқаны алу үшін кесілетін қабаттың физика-механикалық қасиеттерін бағытты өзгертетін энергияның екі түрін, яғни механикалық және жылулық энергияларын біріктіре қолдануында болып табылады.

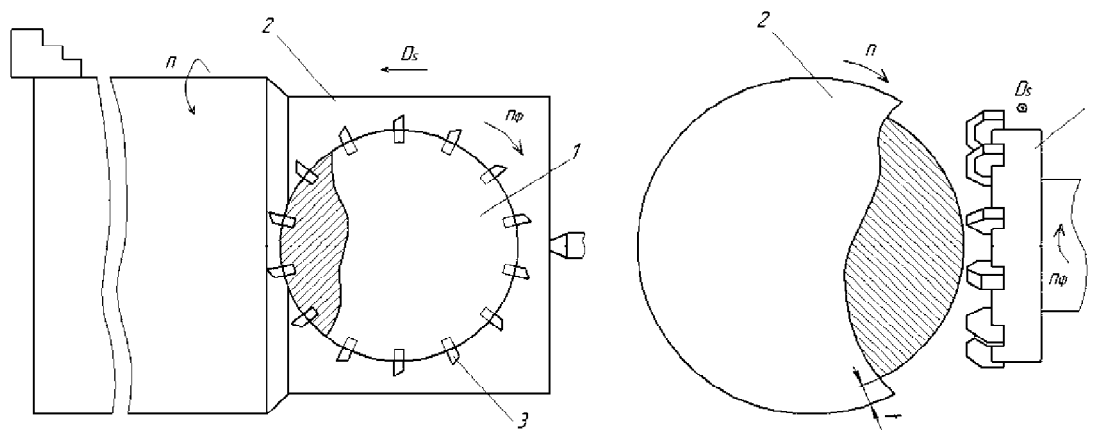


3-сурет – Плазмалық ағынмен қыздырып кесу сұлбасы: 1 – кесу беті, 2 – плазматрон

Өңдеудің электрофизикалық және электрохимиялық әдістерін қолдану көптеген қиын өңделетін материалдардың өңделушілігін жақсартуды қамтамасыз етеді. Қазіргі уақытта механикалық өңдеудің кешенді құрамалы әдістері кең қолданыс табуда. Олардың бірі - фрезерлеп жону құрамалы әдісі. Фрезерлеп жону көпжүзді айналмалы кескішпен жонудың бір түрі болып табылады. Оның ерекшелігі - стандартты фрезалардың қолданылуы мен дайындама және құралдың айналу осьтерінің орналасуында. Фрезерлеп жонуда кесу жүздерінің тұрақты жаңарып тұратындығы және жоңқаның бөлінуі сияқты артықшылықтары фрезамен токарлық өңдеуде қолданылған. Дайындамаға кесу жылдамдығы берілсе, фреза тістерінің дайындамамен жанасқан сәтінде динамикалық күш азаяды. Кесу процесі фрезаны қолданып жонуға сәйкес келеді. Фрезаның шыдамдылығының кесу уақытына тәуелділігі фрезамен жону кезіндегі кесу тісінің түйісу уақыты фрезерлеуге қарағанда айтарлықтай жоғары екенін көрсетті, бірақ оптималдық мәніне сәйкес келмейді.

Бүйірлік фрезамен фрезерлеп жонуды қарастырайық. Фреза 1 дайындаманың осіне перпендикуляр әдіп тереңдігіне t орнатылған.

4-суретте бүйірлік фрезамен фрезерлеп жону сұлбасы көрсетілген.

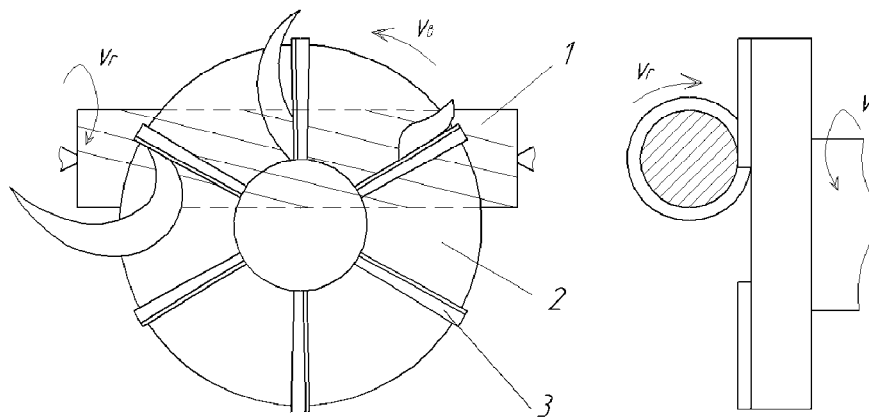


4-сурет – Бүйірлік фрезамен фрезерлеп жону сұлбасы

Фрезаға беріс D_s және айналмалы жиілігі n_f тең болатын қозғалыс, ал дайындамаға 2 жиілігі n болатын айналмалы қозғалыс беріледі. Фреза мен дайындаманың түйісуінің

қарама-қарсы жағындағы фреза мен дайындаманың айналу жылдамдықтарының бағыттары бірдей болады. Бұл фрезаның тістерінің 3 өңделген беттен сырғанап кетуін, олардың тозуын азайта отырып, болдырмайды. Айналмалы дене түріндегі тетіктерді фрезерлеудің белгілі тәсілдерімен өңдеумен салыстырғанда, фрезерлеп жону кезіндегі фрезаның айналу жиілігі 2 есеге азаяды, сәйкесінше құралға кететін динамикалық жүктемелер де азаяды. Фрезерлеп жонудың тағы бір түрі Грузин политехникалық институтында жобаланған ротациялық сүргілеу болып табылады [5]. 5-суретте ротосүргілеу процесінің сұлбасы көрсетілген.

Ротациялық сүргілеу дайындаманың 1 айналмалы жылдамдықпен v_T және ротосүргілеу бастиегінің $2v_B$ жылдамдығымен айналуы есебінен жүзеге асырылады. Кескіш бастиектің бүйірінде дайындама бетін периодты түрде сүргілеп отыратын жуан сүргі пышақтар 3 радиалды орнатылған. Ротосүргілеу бастиегі дайындаманы толықтай жауып тұрады, сондықтан да әрбір пышақ дайындаманың толық ұзындығы бойынша әдіп алады. Кесімнің ені алынатын әдіптің тереңдігінен шамамен 8-12 есе үлкен болады. Сүргілеу бастиегінің жұмыс жасау шарты - пышақтардың жылдамдығының v_B дайындаманың жылдамдығынан v_T жоғары болуы. Ротосүргілеудің артықшылықтары: еркін кесу; ұзындығы бойынша кесуші жиектердің аз және біркелкі қызуы; бірнеше пышақтың бір уақыттағы жұмысының нәтижесіндегі біркелкі кесу және т.б. Үйлесімді сұлба кесу күшінің жанама құраушыларының орнын және білдектің технологиялық жүйесінің қаттылығын қамтамасыз етеді. Ротациялық сүргілеу, әсіресе, қиын өңделетін және ыстыққа төзімді болаттардан, шойын құймаларынан, титан қорытпаларынан жасалған илемдік біліктерді өңдеу кезінде тиімді болып саналады. Аталған өңдеу тәсілі кезінде кесуші құралды айтарлықтай үнемдеу мен өңдеу өнімділігі 10 есеге дейін жоғарылайды.

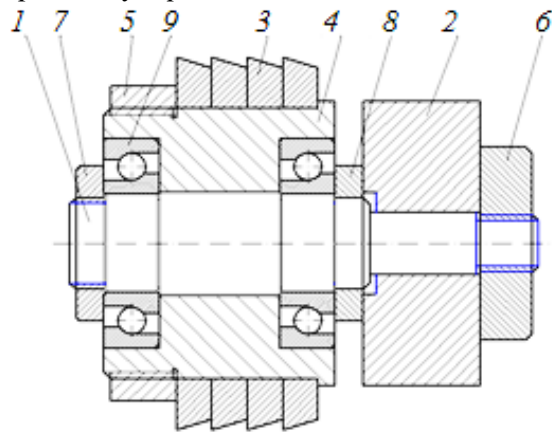


5-сурет – Ротосүргілеу процесінің сұлбасы

Сондай-ақ Қарағанды мемлекеттік техникалық университетінің «Машинажасау технологиясы» кафедрасында т.ғ.д., профессор К.Т. Шеровтің жетекшілігімен механикалық өңдеудің құрамалы әдістерін жарату бойынша ғылыми-зерттеу жұмыстары жүргізілуде. Қиын өңделетін материалдарды өңдеудің, оның ішінде айналушы дене типтес тетіктердің сыртқы цилиндрлік беттерін ротациялық-фрикциялық және фрезажону әдістерімен өңдеу, импульсті салқындатуға ие болған термофрикциялық жонып беріктендіру [6], фрезерлеу [7] және кесу [8] әдістері мен арнайы құрылғылары [9] жаратылып, олар ғылыми зерттелуде. Құрамалы болып табылатын ротациялық-фрикциялық

кесу әдісін ғылыми зерттеуге арналған ротациялық-фрикциялық құралдың бірнеше құрылымдары жобаланды, солардың бірі 6-суретте көрсетілген.

1-суретте көрсетілген ротациялық-фрикциялық құрал қолданыстағы құралдардан өзінің құрылымы бойынша түбегейлі ерекше. Оның тағы бір ерекшелігі - бұл құралмен кесу процесінің орындалуы өзгеше кесу механизміне негізделеді. Құралдың бірнеше кесуші сақиналармен жабдықталғандығы кесу процесінің өнімділігін ғана арттырып қалмай, сонымен бірге өңделетін бет сапасын да жоғарылатады. Сақиналардың бірізділікпен орналасуы және арнайы ерекше геометрияға ие болуы бірнеше операцияларды бір операцияға шоғырландыруға мүмкіндік береді. Ал олардың қарапайым конструкциялық материалдардан даярлануы механикалық өңдеу операциясының және кесуші құралдың өзіндік құнының азаюын қамтамасыз етеді. Бұл құралмен цилиндрлік сыртқы және ішкі беттерді өңдеу мүмкін болады.



6 -сурет – Көпжүзді ротациялық-фрикциялық құрал: 1 - білік; 2 - тұтқыш; 3 - сақина;
4 - корпус; 5, 6, 7 - сомын; 8 - шайба; 9 - мойынтірек

Шығатын қорытынды:

1. Сонымен қиын өңделетін материалдардың ерекшеліктерін, кесуші құрал конструкциясын және өңдеудің заманауи әдістерін пайдалануды есепке алу сапалы өнімнің алынуына кепілдік береді.

2. Жоғарыда қарастырылған өңдеу әдістерін өндіріске енгізуден келетін тиімділік: құралдың тұтас ұзындығы бойынша кесу бөлігін қолданып, тұтқыр коррозия мен ыстыққа төзімді болаттарда жоңқаны сенімді сындыру; дайындама мен құрал тістерінің тиімді түйісу уақытының нәтижесінде кесуші тістердің шыдамдылығының жоғарылауы; өнімділіктің артуы.

Қолданылған әдебиеттер

1. Бреев С.В. Высокоскоростное фрезерование труднообрабатываемых материалов / С.В. Бреев, А.Г. Серебренникова // Журнал «Ученые записки». – С. 52-66.
2. Подпоркин В.Г. Фрезерование труднообрабатываемых материалов. – 2-е изд., перераб. и доп. / В.Г. Подпоркин, Л.Н. Бердник. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1983. – 136 с.
3. Подураев В.Н. Резание труднообрабатываемых материалов: Учеб. пособие для вузов. – М.: Высш. шк., 1974. – 476 с.
4. Петруха Н.Г. Резание труднообрабатываемых материалов. – М.: Машиностроение, 1972.
5. Ермаков Ю.М. Комплексные способы эффективной обработки резанием: Библиотека технолога. – М.: Машиностроение, 2005. – 272 с.

6. Иннов. пат. № 25649 РК. Способ термофрикционной режущо-упрочняющей обработки цилиндрических поверхностей и конструкция диска трения / К.Т. Шеров, Г.А. Байжабагинова, А.К. Шеров и др.; 16.04.2012 г., Бюл. № 4.
7. Иннов. пат. № 22998 РК. Способ термофрикционной обработки плоскости и конструкция диска трения / К.Т. Шеров, Д.У. Аликулов, К.И. Имашева и др.; 15.10.2010 г., Бюл. № 10. – С. 50.
8. Пат. № 2738 UZ. Способ резки металлических заготовок / К.Т. Шеров, И.К. Кушназаров и др. // Специальный вестник, 1995. – № 3. – С. 33-34.
9. Иннов. пат. № 29110 РК. Устройство для резки деталей цилиндрической формы / К.Т. Шеров, А.В. Маздубай, А.К. Шеров, Н.Б. Тулиева и др.; 17.11.2014, Бюл. № 11.

Получено 14.10.2015

ӨОЖ 621: 004

К.Т. Шеров, А.К. Шеров, Н.Б. Тулиева, М.М. Мусаев, Б.С. Дөненбаев

Қарағанды мемлекеттік техникалық университеті, Қарағанды қ.

Т.Б. Курманғалиев

Д. Серікбаев атындағы Шығыс Қазақстан мемлекеттік техникалық университеті, Өскемен қ.

ТҰРҚЫ ТЕТІКТЕРІНІҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ ТЕСІКТЕРІН БІТЕУДІҢ ТЕРМОФРИКЦИЯЛЫҚ ӘДІСІН ТӘЖІРИБЕЛІК ЗЕРТТЕУ

Қазақстан Республикасында машинажасау саласына тән өндірісте технологиялық жабдықтарды даярлау, оларды қайта қалпына келтіру, жөндеу және құрастыру жұмыстары орындалған кезде тұрқы тетіктерге технологиялық қажеттілікке байланысты тесіктер жасалады.

Мұндай тесіктерді тұрқы тетік даярланғаннан соң, немесе құрастыру жұмыстары аяқталғаннан соң бітеп тастау қажет болады. Практикада мұндай тесіктерді пісіру арқылы немесе жамау қойып бұрандалы бірікпе арқылы бітеу қолданылады. Бірақ бұл әдістермен тесіктерді бітеу әрқашан да тиімді бола бермейді. Тұрқы тетіктердің материалы легіріленген болат немесе шойыннан болатын болса, оны пісіру арқылы бітеу өте қиынға соғады, сонымен қоса кей жағдайда сол өндірістің басқа да ұйымдастыру сипаттарына байланысты пісіру әдісін қолдану өте қымбатқа түсуі мүмкін. Жоғарыдағы қиыншылықтар мен мәселелерді шешу үшін қолдануға тиімді және үнемшіл болған тесіктерді бітеу әдісін жарату *өзекті мәселе* болып табылады.

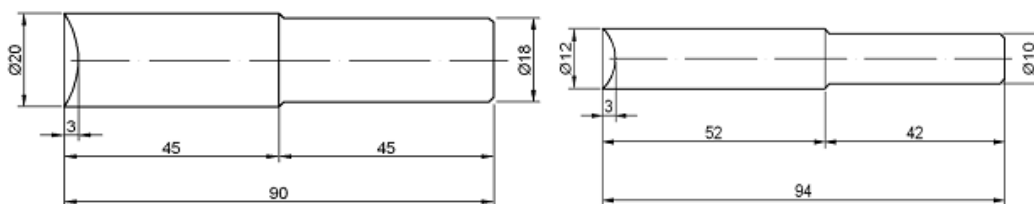
Авторлар жағынан осындай тесіктерді бітеудің үнемшіл болған термофрикциялық әдісі жаратылды [1].

Ұсынылып отырған тұрқы тетіктерінің технологиялық тесіктерін бітеудің термофрикциялық әдісін ғылыми-зерттеу жұмыстарын жүргізуде келесі ғылымдар мен әдіс-темелер қолданылды:

- материалтану ғылымы (материал таңдау, пісірілетін материалдардың физикалық-механикалық және химиялық құрамын анықтау, металдардың қызуы негізінде құрылымдық өзгерісі және балқу теориясы);
- фрикциялық бұрғымен тесіктерді бітеудің тиімді және оңтайлылығын анықтау мақсатында ғылыми-тәжірибелік зерттеулер.

Ғылыми-зерттеу тәжірибесі тік жоңғылау JTM-1050 VSE JET білдегінде орындалды.

Тәжірибелік зерттеулерді жүргізу үшін болат 65Г материалынан жасалған фрикциялық құрал конструкциясы жобаланды және дайындалды (1-суретте).



1-сурет – Болат 65Г материалынан жасалған фрикциялық құралдардың эскизі

Болат 65Г тозуға жоғары төзімділігімен, арзандығымен сипатталады. Осындай басты сипаттарымен болаттың бұл түрі машинажасау саласында кең қолданыс тапты. Болат 65Г-дан шайбалар, серіппелер, мойынтірек тұрқылары, тежеуіш таспалар және дискілер, дөңгелектер, сонымен қоса басқа да құрылымдар мен түйіндердің элементтері дайындалады.

Болат 65Г кез келген серіппелі болат сияқты жақсы кесуші және көгілдір түс беру, қарайту қасиеттеріне ие.

1-кестеде Болат 65Г материалының химиялық құрамы келтірілген.

1-кесте

Болат 65Г материалының химиялық құрамы

Болат 65Г химиялық құрамы, %								
C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu	Fe
0,62 - 0,7	0,17 - 0,37	0,9 - 1,2	0,25 дейін	0,035 дейін	0,035 дейін	0,25 дейін	0,2 дейін	~97

2-суретте болат 65Г материалынан жасалған фрикциялық құралдардың фотосуреттері көрсетілген.



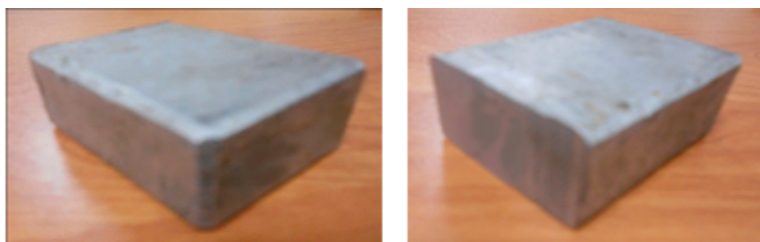
2-сурет – Болат 65 Г материалынан жасалған фрикциялық құралдардың фотосуреттері

Термофрикциялық тәсілмен тұрқы тетіктеріндегі тесіктердің бітелу қабілетін зерттеу үшін үлгі материалы ретінде алюминий АД31 материалы таңдап алынды. Жүргізілген талдау нәтижелері технологиялық жабдықтардың қораптары көбінесе осы материалдан жасалатындығын көрсетті.

АД31 – тозуға төзімді және беріктігі жоғары алюминий қорытпасы. Ол жылуды және электр тогын жақсы өткізеді, созуға, соғуға икемді, меншікті салмағы $2,7 \text{ г/см}^3$; балқу температурасы 660°C , қайнау температурасы 2500°C ; коррозияға берік, қалыпты температурада тұрақты, себебі бетіндегі алюминий оксидінен тұратын жұқа қабыршақ оны тотығудан қорғайды [2].

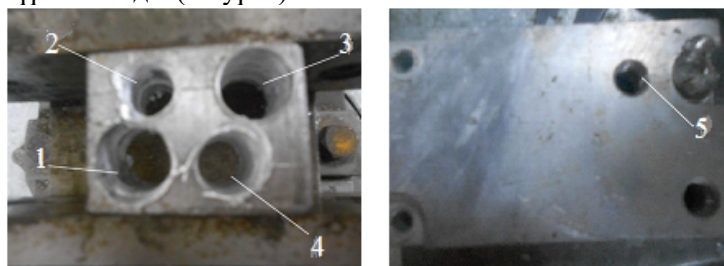
3-суретте тәжірибелік зерттеуге арналған үлгі материалдардың фотосуреттері

көрсетілген.



3-сурет – Үлгі материалдардың фотосуреттері

3-суретте көрсетілген үлгі материалдарға фрикциялық бұрғылардың диаметріне сәйкес тесіктер бұрғыланады (4-сурет).

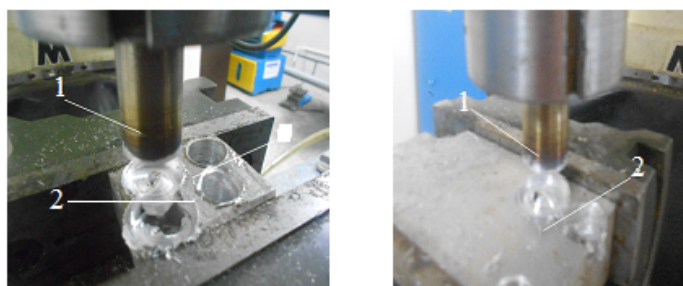


4-сурет – Әртүрлі диаметрдегі тесіктер бұрғыланған үлгі материалдардың фотосуреті:

1 – $\varnothing 18$ мм тесік; 2 – $\varnothing 12$ мм тесік; 3 – $\varnothing 16$ мм тесік; 4 – $\varnothing 14$ мм тесік;

5 – $\varnothing 10$ мм тесік

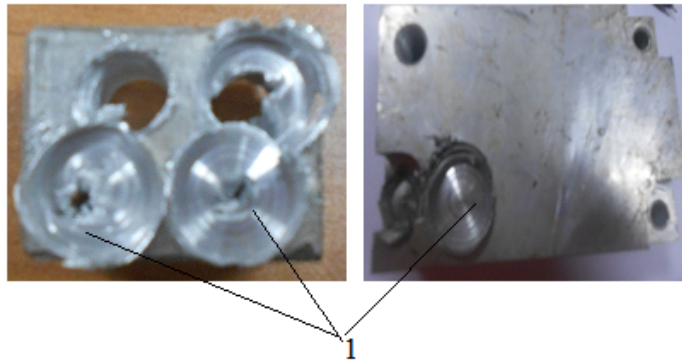
Болат 65Г материалынан дайындалған фрикциялық құралмен үлгі материалдардағы тесіктерді бітеу JTM-1050 VSE JET модельдегі тік жоңғылау білдегінде орындалды (5-сурет).



5-сурет – Фрикциялық құралдың өндеу процесі: 1– фрикциялық құрал;

2 - дайындама (үлгі материал); $n = 2\,000\text{--}3\,000$ айн/мин; $S=0,1\text{--}0,3$ мм/айн

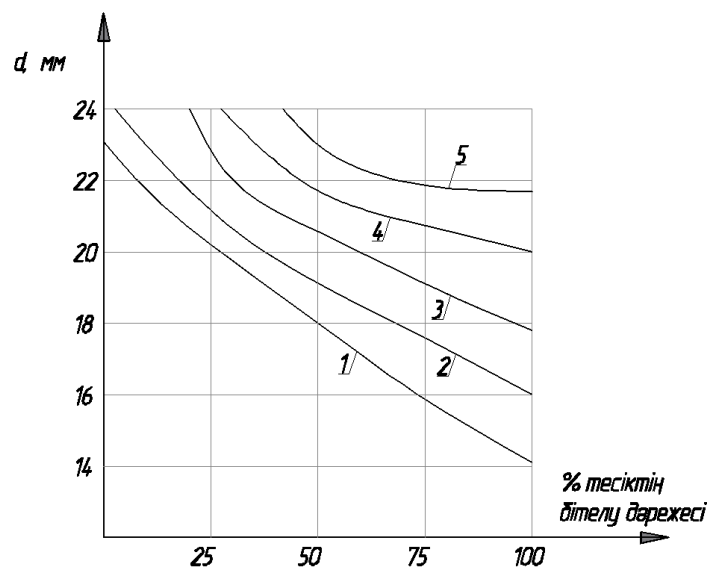
6-суретте әртүрлі диаметрлі тесіктері бітелген үлгі материалдар көрсетілген.



6-сурет – Өртүрлі диаметрлі тесіктері бітелген үлгі материалдар: 1- бітелген тесіктер

Үлгі материалдардың тесіктері әртүрлі диаметрге ие фрикциялық бұрғылармен өңделіп, қалыптасқан жамау қабаттары беріктілікке тексеріліп отырды.

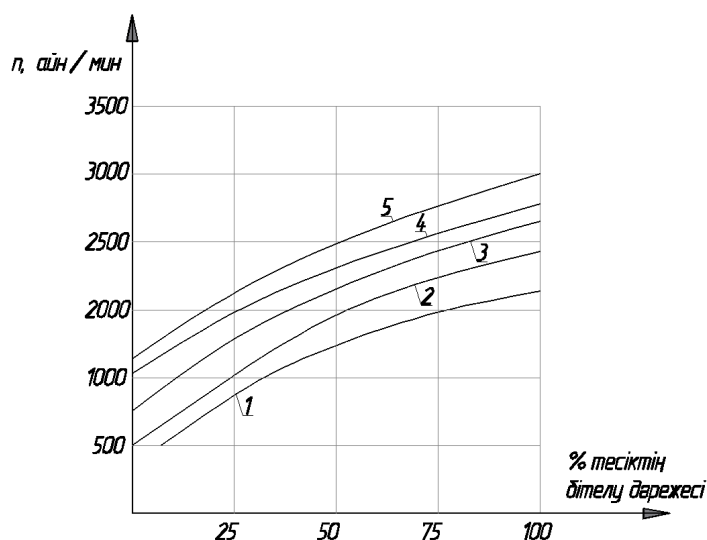
Ғылыми зерттеу барысында фрикциялық құралдың диаметрінің және айналу жиілігінің тесіктің бітелу дәрежесіне тигізетін әсері анықталды (7-сурет).



7-сурет – Құрал диаметрлерінің тесіктің бітелу дәрежесіне әсері: $n = 2500$ айн /мин, $s = 0,2$ мм/мин;
1 – бітелуші тесік диаметрі 10 мм; 2 – бітелуші тесік диаметрі 12 мм; 3 – бітелуші тесік диаметрі 14 мм;
4 – бітелуші тесік диаметрі 16 мм; 5 – бітелуші тесік диаметрі 18 мм

Тәжірибелік зерттеу нәтижелері фрикциялық құралдың диаметрі тесік диаметрінен үлкен болған сайын өңдеу процесінде тесікті бітеу дәрежесіне кері әсер ететіндігін көрсетті (7-суретке қараңыз). Бітелетін әрбір тесік диаметрлеріне байланысты фрикциялық құралдың оңтайлы диаметрлері анықталды.

8-суретте құралдың айналу жиілігінің тесіктің бітелу дәрежесіне әсерінің графигі көрсетілген.



8-сурет – Құралдың айналу жиілігінің тесіктің бітелу дәрежесіне әсері:
 $s=0,2$ мм/мин; 1 – бітелуші тесік диаметрі 10 мм, $d = 14$ мм; 2 – бітелуші тесік диаметрі 12 мм, $d = 16$ мм; 3 – бітелуші тесік диаметрі 14 мм, $d = 18$ мм; 4 – бітелуші тесік диаметрі 16 мм, $d = 20$ мм; 5 – бітелуші тесік диаметрі 18 мм, $d = 22$ мм

2-кестеде әртүрлі өлшемді тесіктер үшін анықталған оңтайлы фрикциялық құралдың диаметрлері көрсетілген.

2-кесте

Әртүрлі өлшемді тесіктер үшін фрикциялық құралдың диаметрлері

Тесік диаметрі, мм	Ø10	Ø12	Ø14	Ø16	Ø18
Құрал диаметрі, мм	Ø14	Ø16	Ø18	Ø20	Ø22

Ал құралдың айналу жиілігі, керісінше, өскен сайын тесіктің бітелу дәрежесіне жағымды ықпал етті (8-суретке қараңыз).

Ғылыми зерттеудің осы алғашқы сатысында алынған нәтижелер тесіктерді термофрикциялық әдіспен бітеуге болатындығын көрсетті. Әрине, бұл әдісті толық ғылыми зерттеу арқылы ғана оны практикада қолдану және өндіріске енгізу мүмкін деген тұжырым жасауға болады.

Орындалған ғылыми зерттеу жұмыстары нәтижесінде келесідей қорытынды жасауға болады:

- термофрикциялық кесу механизміне сүйеніп, қарапайым конструкциялық болаттардан (болат 45, 50, 65Г т.б.) жасалған фрикциялық құралмен тесіктерді (үйкеліспен пісіру арқылы) бітеу мүмкін екендігіне тәжірибе жүзінде көз жеткізілді;
- диаметрлері 10, 12, 14, 16, 18 мм тесіктерді әртүрлі диаметрлерге ие фрикциялық құралмен өңдеу арқылы осы өлшемдерге ие тесіктерді бітеуде әрбір тесік үшін құралдардың ең оңтайлы диаметрлері анықталды (2-кесте);
- тесікті бітеу дәрежесіне кесу режимінің (n) әсері ғылыми зерттелді және олардың мәні артқан сайын тесіктің бітелу дәрежесінің де жоғарылайтындығы анықталды;
- тұрқы типтес тетіктердің технологиялық тесіктерін бітеудің үнемшіл термофрикциялық әдісі жаратылды және оны жүзеге асырушы арнайы фрикциялық құрал жобала-

нып, даярланды.

Қол жеткізілген ғылыми жаңалықтар нәтижесі термофрикциялық өңдеу технологиясының ең үнемшіл және әмбебап технология екендігін тағы да дәлелдеді.

Қолданылған әдебиеттер

1. Иннов. пат. № 26582 РК. Инструмент для заварки отверстия в стальной детали / К.Т. Шеров, В.Г. Воярский, М.Р. Сихимбаев, А.К. Шеров; 25.12.2012 г., бюл. № 12.
2. Рабкин Д.М. Дуговая сварка алюминия и его сплавов / Д.М. Рабкин, В.Н. Игнатьев, И.В. Довбищенко. – М.: Машиностроение, 1982. – 75 с.

Получено 14.10.2015

УДК 621-02

Ж. Шошай, А.Қ. Жүнісов, Н.Қ. Құлымбаев, Д.Р. Абсолямова, А. Маженов

С. Торайғыров атындағы Павлодар мемлекеттік университеті, Павлодар қ.

**ЖОҒАРЫ ТЕМІРЛІ БОЛАТ БАЛҚЫТУ ӨНДІРІСІНІҢ ҚОЖДАРЫНАН
ШОЙЫН АЛУДЫ ЗЕРТХАНАЛЫҚ ЗЕРТТЕУ**

Қазіргі уақытта металлургиялық зауыттарда үлкен көлемде кондициялық емес шикізат жиналуда. Мұндай кондициялық емес шикізатқа әртүрлі шандар, металлургиялық қождар жатады. ТМД-ның көптеген металлургиялық зауыттарында қождарды құрылыс материалдары ретінде (тастак және т.б.) қолданады. KSP «Steel» ЖШС (Павлодар қ.) болат балқыту зауытында қалдықтарды залалсыздандыру мәселесі шешімін таппаған және бұл өзекті мәселе болып отыр [1]. Зауытта үлкен көлемде металлургиялық қождар жиналады, сонымен қатар мұндағы темір оксидінің мөлшері 28-35 % құрайды. Бұл қождарда темір оксидінің көп мөлшерде болуы ғылыми қызығушылық тудыруда. Осы ғылыми сұрақтарға байланысты зерттеудің бірінші кезеңінде KSP «Steel» ЖШС № 2 цехының металлургиялық қождарының сынамасы алынды. 1-кестеде қождардың химиялық құрамы көрсетілген.

1-кесте

Болат балқыту қождарының химиялық құрамы, %

FeO	SiO ₂	MnO	Al ₂ O ₃	MgO	CaO	S	P
34,9	12,6	4,5	4,0	2,9	27,9	0,12	0,26

Балқыту С. Торайғыров атындағы ПМУ «Металлургия» кафедрасының арнайы зертханасында тік орналасқан индукторлы индукциялық пеште жүргізілді. Сынамаларды жүргізуде болат балқыту өндірісінің қожынан құралған шикіқұрамды пайдаландық, тотықсыздандырғыш ретінде Шұбаркөл көмірі қолданылды. Есептелген шикіқұрам графитті тигельге, содан кейін пешке салынды. Балқыту үрдісінде пештің қуаты жетіспей тұрғаны байқалды. Бұл индукциялық пеш түсті металдарды балқыту үшін арналған, сол себепті пеш қуатының аздығынан үрдіс қиын балкитын қождардың түзілуімен сипатталды. Тигельден металды шығарғанда, қож суық және созыңқы болды. Индукциялық пеш максималды қуатында жұмыс істей алмады, сондықтан балқыту үрдісі 60 минуттан кейін тоқтатылды. Пеш қызып, индуктордың шегенінде тік жарықтар пайда болды.

Бірақ техникалық ақаулардың болуына қарамастан, шикіқұрам массасының жалпы

салмағының 18 % мөлшерін құрайтын шойын алынды. Түзілген қожда көп мөлшерде металл қиыршықтары (вкрапления, корольки) байқалды.



1-сурет – Балқыту пеші

Бірінші тәжірибені өткізгеннен кейін, балқыту үрдісін өзіміз жасаған балқыту пешінің моделінде жүргізуге шешім қабылдадық. 1-суретте балқыту пеші көрсетілген.

Тәжірибелік балқыту үрдісінде балқыту отыны ретінде Ресейде жасалған кесек кокс қолданылды, ол пештің былаушасына жүктелді (түбіне салынып отырды). Коксты пешке жүктер алдында, пешті қыздырып және отынды жағу үшін оттық ретінде тығыз ағаш сынықтары мен ағаш коксы салынып отырды. Содан кейін отынның жануына және былаушаның қызуына байланысты пештің төменгі бөлігінде орналасқан штуцер арқылы сығылған ауа беріліп отырды. Өлшенген шикіқұрамды графитті тигельге жүктеп, шикіқұрам құрамында болат балқыту өндірісінің қожы, аздаған өлшемде отқабыршақ және темірлі құм болды, қождауыш ретінде далалы шпаты қолданылды. Пештің қызуына байланысты былаушаға аздаған порциямен отын салынып тұрды. Содан кейін былауға графитті тигель жүктелді. Тигель мен ішкі шеген арасындағы бос орын отынмен толтырылып, пештің қызу шамасына байланысты оттегі беру мөлшерін жоғарылатып отырдық.

Пештің былаушасындағы температураны ВР-1500 термopapa арқылы өлшегенде 1574 °C жоғары болды, сәйкесінше, қыздырылған ауаның қысымы өседі де, нәтижесінде бұл үрдіске графитті тигель шыдамайды екен.

Тәжірибе жасау үшін жұмысты бастар алдында, біздің болжамымыз бойынша, бұл зерттеу сәтсіз аяқталуы мүмкін деген тұжырым болған. Нәтижесінде, тәжірибелерді жасағанда белгілі болғандай, шойынды графитті тигельде алу мүмкін еместігін көрсетті.

Келесі тәжірибелерімізде көміртекті периклаз кірпішінен жасалған тигельді қолдандық. Бұл отқатөзімді материалды доғалы балқыту пештерінде (ДБП) және таратып құю шөмішінде шеген ретінде қолданады. Жасаған тәжірибелеріміз алдындағы тәжірибелеріміз сияқты сәтсіз аяқталды, өйткені тигельді қыздыру үшін 1500 °C жоғары температура қажет еді. Бірақ жоғары темірлі қождан шойынды балқыту сәтсіз болуына қарамастан, соңғы тәжірибеде барлық мүмкіндіктерімізді пайдаланып, құю өндірісіне жарамды сұр шойын алдық. Осылай жасаған тәжірибелердің қорытындысы бойынша мынадай тұжырымға келдік: зертханалық жағдайда шойынды алуға болады екен. Бірақ бұл үшін балқыту пешінің конструкциясын жетілдіру қажет, пештің түбі қажетті температураға дейін қызуы керек, бұл - шойынды домнада балқыту шарты.

Біз пештің төменгі бөлігінде температураның аз болу мәселесіне тап болдық. Күйме тұсындағы шикіқұрам қажетті температурада болады, бірақ балқыған металл көрік аймағына жеткенде, шикіқұрамның қабаттары арқылы металдың жылдам сууы байқалады, бұл қождың созымалығына (қоймалжыңдығына) әкеледі.

Бұған, бір жағынан, пешке берілетін ауаның ерекшелігі домнада температура 1400 °C болса, ал бізде бөлме температурасында жүргізілуі әсер етуі мүмкін, өкінішке орай, біздің зертханада мұндай мүмкіндік жоқ. Екінші жағынан, пешті шегендеу үшін пештің шегені және пеш фурмасының конструкциясында қыздырылған кокс қажетті температураны қамтамасыз етпейді, себебі пештің төменгі бөлігінен ауа беріліп тұрды, бұл сонымен қатар толық балқыту үрдісін суытып отырды. Мұндай үрдісте, негізінен, қожды және металды пештен ағызып, ағуөзек (летка) арқылы алу мүмкін болмайды. Домна үрдісінде қожды және шойынды алу мен балқыту үшін температура 1400 °C жоғары болу қажет.

Қазіргі уақытта балқыту пешінің моделін жетілдіру (реконструкция) бойынша жұмыстар жүргізілуде. Шеген ретінде магнезитті және периклазды отқатөзімді кірпіш қолдану жоспарланып отыр.

Әдебиеттер тізімі

1. Жиембаева Д.М. Применение техногенных отходов сталеплавильного производства в металлургическом переделе / Д.М. Жиембаева, А.В. Ахметов // Сб. докл. по материалам Межд. науч.-практ. конф. «Проблемы и перспективы горно-металлургической отрасли: теория и практика». – Караганды, 2013. – С. 327-328.

Получено 12.10.2015