

**ТЕХНИКАЛЫҚ ҒЫЛЫМДАР
ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ
TECHNICAL SCIENCES**

ӘОЖ 661.257

М.М. Айгубеков^{1*}, Г.С. Кенжибаева¹, Р.Р. Якубова¹, Б. Леска²

¹магистрант, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

¹т.ғ.к., доцент, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

¹т.ғ.к., доцент, М. Әуезов атындағы Оңтүстік Қазақстан университеті, Шымкент, Қазақстан

²ғылым докторы, профессор, Познаньдағы Адам Мицкевич Университеті, Познань, Польша

*Корреспондент авторы: meyir_8_8@mail.ru

**КҮКІРТ ҚЫШҚЫЛЫ ӨНДІРІСІНДЕГІ КОНТАКТІЛІ АППАРАТТА КҮКІРТ
ДИОКСИДІНІҢ ТОТЫҒУ ПРОЦЕСІН ЗЕРТТЕУ**

Түйін

Химиялық өндіріс күрделі химиялық технологиялық жүйе болып табылады, оның күрделілігі көптеген байланыстар саны, элементтер мен жүйелер, сонымен қатар шешілетін мәселелердің әртүрлілігіне негіделген. Химиялық өндірістің негізгі мақсаты берілген қасиеті бар химиялық өнімді шикізаттың және қаражаттың аз мөлшерінде алу болып табылады. Химиялық технологиялық жүйенің анализі мен оптимизациялау мүмкіндігі үшін, біріншіден элементтер арасындағы байланыс пен олардың бір-біріне әсерін көрсететін процесс моделін жасау керек. Күкірт қышқылын өндірудің негізгі сатыларының бірі-SO₂ -ні SO₃ тотығу ванадий катализаторы қабатындағы контактілі аппаратта өту. Бұл кезең барлық өндірісті шектейді және SO₂ тотығу жылдамдығына жүйенің жалпы өнімділігі байланысты. Сондықтан мақалада күкірт қышқылы өндірісіндегі аралық немесе ішкі жылу алмасу контактілі аппараттарға талдау ұсынылған. Күкірт диоксидін тотықтыруды жүргізу үшін шығарылатын жылу алмастырғыштармен байланыс бес қабаттан тұратын аппараты көрсетілді. Бұл температуралық режимді реттеуге және жылуалмастырғыштарда реакция жылуын пайдалану мүмкіндіктері көрсетілген.

Кілттік сөздер: күкірт қышқылы, күкірт диоксиді, байланыс аппараты, контактілеу, жылу алмастырғыш, қос түйісу сұлбасы.

Кіріспе

Күкірт қышқылы химия өнеркәсібінің маңызды өнімдерінің бірі болып табылады және оны өндіру үлкен халықтық шаруашылық мәнге ие. Өнеркәсіптік қолданудың ауқымы мен әртүрлілігі бойынша күкірт қышқылы басқа химиялық өнімдер арасында бірінші орындардың бірін алады. Бұл химиялық өнім ретінде оның үлкен белсенділігімен түсіндіріледі. Күкірт қышқылы минералды тыңайтқыштар, әртүрлі минералды тұздар мен қышқылдар, түрлі заттар өндірісінде кеңінен қолданылады. Ол мұнай, металлургия, металл өңдеу, тоқыма, былғары және басқа да өнеркәсіп салаларында әртүрлі қолдануды табады, металдарды бейтараптандыру, өңдеу және басқа да көптеген мақсаттар үшін пайдаланылады.

Күкірт қышқылының шығарылуын арттыру күкірт қышқылы өнеркәсібіне жаңа және жоғары талаптар қояды. Күкірт қышқылының жақсартылған сорттарын шығаруды ұлғайту, зиянды шығарындыларды барынша азайту, шикізаттың барлық түрлерін, сондай-ақ пайдаланылған қышқыл, темір купорос, әлсіз газдар түріндегі қалдықтарды барынша толық пайдалану қажет.

Күкірт қышқылы өнеркәсібінің маңызды міндеті ғылым мен техниканың жаңа жетістіктерін пайдалану, жұмыстың жаңа тәсілдері мен әдістерін енгізу жолымен өндірісті үздіксіз жетілдіру болып табылады.

Процесті қарқындату, сондай-ақ күкірттің тотығу деңгейін арттыру мақсатында күкіртті жағу процесін жетілдіру өзекті міндет болып табылады.

Күкірт қышқылын алу үшін бастапқы реагенттер элементті күкірт және күкіртті немесе күкірт диоксиді алуға болатын күкіртті бар қосылыстар. Осындай қосылыстар темір сульфидтері, түсті металдар сульфидтері (мыс, мырыш және т. б.), күкіртті сутегі және басқа да күкіртті қосылыстар қатары болып табылады., Дәстүрлі негізгі шикізат көздері күкірт және темір (сұр) колчедан болып табылады. Күкірт қышқылының жартысына жуығы күкірттен алынады, үштен бірі-колчедандан.

Материалдар мен әдістер

Контактілі элементарлы күкірттен күкірт қышқылын өндірудің технологиялық процесі колчеданның өндіріс процессінен бірнеше ерекшеліктерден ерекшеленеді. Оларға жатады:

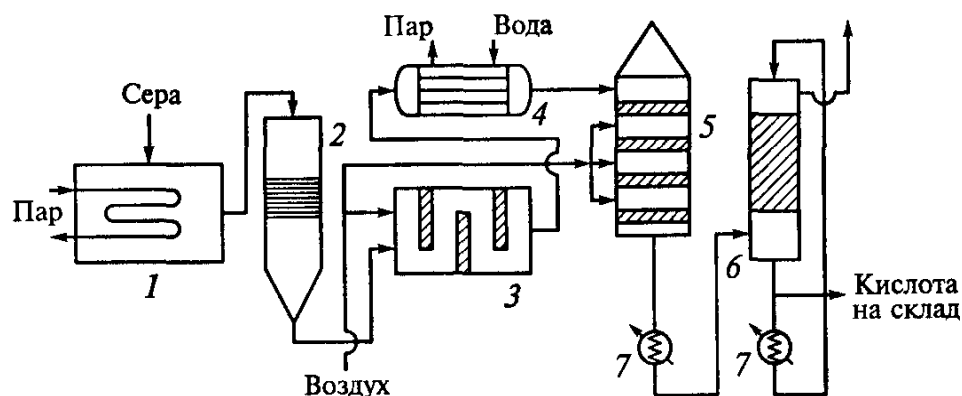
- пеш газын алуға арналған пештердің ерекше құрылымы;
- пеш газындағы күкірт оксидінің (IV) жоғары мөлшері;
- пеш газын алдын ала тазарту сатысының болмауы.

Қазақстан Республикасы жалғыз ел ТМД-дағы күкірттің қоймалық қоры бар болып табылады. Күкірттің негізгі өндірушісі - "Теңізшевройл" ЖШС. Сондай-ақ, Қашаған кен орны күкірт көздеріне жатады. 2016 жылы Қазақстанда күкірт өндірісі 3,6 млн. тоннаға жетті. "Қазатомпром" республикадағы күкірт қышқылының негізгі тұтынушысы болып табылады. Сарапшылардың бағалауы бойынша, оның қажеттіліктеріне Қазақстанда күкірт қышқылын жалпы тұтынудың 70% - ға жуығы пайдаланылады. Өнімнің қалған бөлігі фосфор тыңайтқыштарын өндіру кезінде пайдаланылады.

Күкірттен күкірт қышқылын өндірудің принциптік схемасы (1 сур.) балқытылған және сүзілген күкірт алдын ала кептірілген ауа ағынында жағылады. Алынған күкірт диоксидінің газын салқындатады. Бұл жағдайда берілетін жылу бу алу үшін пайдаланылады. Содан кейін күкірт диоксиді алынатын күкірт триоксидінің абсорбциясымен қосарлы байланыс әдісі бойынша тотығады [1].

Зерттеу нәтижелері

Күкіртті жағу кезінде пеш газы күкірт диоксидінің жоғары болуымен ерекшеленеді және шаңның көп мөлшерін қамтымайды. Күкіртті өртеу кезінде онда каталикалық улы болып табылатын мышьяк пен селен қосылыстары жоқ. Бұл схема қарапайымдылығымен ерекшеленеді және 1 суретте көрсетілген [1].



1-күкіртке арналған балқыту камерасы; 2-сұйық күкірт сүзгісі; 3 – күкіртті жағуға арналған пеш; 4-қазан; 5 – контактілі аппарат; 6– күкірт диоксидін абсорбциялау жүйесі; 7-күкірт қышқылының тоңазытқыштары

1-сурет. Күкірттен күкірт қышқылын өндіру

Күкіртті жағу кезінде пеш газы күкірт диоксидінің жоғары болуымен ерекшеленеді және шаңның көп мөлшерін қамтымайды. Күкіртті өртеу кезінде онда каталитикалық улы болып табылатын мышьяк пен селен қосылыстары жоқ [1].

Өнеркәсіпте күкіртті жағу келесідей жүргізіледі. Күкіртті алдын ала балқытады (ол үшін күкірттің негізгі жану реакциясының жылуын кәдеге жарату кезінде алынған су буын пайдалануға болады). Күкірттің балқу температурасы салыстырмалы түрде төмен болғандықтан, Тұндыру және кейіннен күкірттен сүзу жолымен сұйық фазаға көшпеген механикалық қоспаларды оңай бөліп, бастапқы шикізатты жеткілікті дәрежеде тазалықты алу қажет [1].

Күкіртті жағу үшін форсункалы және циклонды типті пештер қолданылады. Форсункалы пештерде балқытылған күкірт сығылған ауамен жану камерасында бүріккіштер арқылы шашырайды, олар күкірт буының ауамен толық араластырылуын және жанудың қажетті жылдамдығын қамтамасыз ете алмайды. Форсункалы пеш-отқа төзімді кірпішпен футерленген Болат көлденең цилиндр. Күкірт балқымасы күкірттің жануына қажетті негізгі ауа көлемімен бірге форсункалар арқылы беріледі. Қосымша ауа мөлшерін пеш қабырғасындағы тесіктер арқылы енгізеді. Күкірт буының жануы пештің барлық көлемінде болады.

Орталық тепкіш шаң ұстағыштар (циклондар) принципі бойынша жұмыс істейтін циклонды пештерде компоненттерді ең жақсы араластыруға қол жеткізіледі және форсункалы пештерге қарағанда күкірттің жануының жоғары қарқындылығы қамтамасыз етіледі [1]. Пештен күйдіру газ қазандық-утилизаторға және одан әрі келесі аппараттарға түседі.

Күйдіру газындағы күкірт диоксидінің концентрациясы жағуға берілетін күкірт пен ауаның арақатынасына байланысты. Егер ауа стехиометриялық мөлшерде, яғни күкірттің әрбір мольна 1 моль оттегі алса, онда күкірттің толық жануы кезінде концентрация ауасындағы оттегінің көлемдік үлесіне тең болады $C_{SO_2 \max} = 21\%$. Алайда, әдетте ауа артық алынады, себебі пеште температура тым жоғары болады [1].

Күкіртті адиабатикалық жағу кезінде стехиометриялық құрамның реакциялық қоспасы үшін күйдіру температурасы $\sim 1500^{\circ}C$ құрайды. Әдетте күкіртті жағу кезінде құрамында 13 – 14% SO_2 бар күйдіру газын алады [1].

Сұйық күкіртті жағу үшін циклонды пештер қолданылады. Мұндай пештерде өртелуге ұшырайтын материалды циклондағыдай аэродинамикалық ағын жасай отырып, пешке тангенциалды береді. Циклонды типті пеш сұйық күкірт пен ауаны тангенциалды жеткізумен қуыс камераны білдіреді. Циклонды камерада ауамен күкірт буының жылу және массалық алмасуы үшін жақсы жағдайлар жасалады, өйткені газ ағыны пешке 100-120 м/с жылдамдықпен жіберіледі.

Күкіртті жағу $1200-1300^{\circ}C$ температурада жүргізіледі, артық ауамен $\alpha = 1,15-1,2$. Бұл құрамында 16 – 18% SO_2 бар пештен шығатын күкірт диоксиді алуға мүмкіндік береді. Алаулы форсункамен салыстырғанда циклонды типті пештің артықшылығы мұндай пештің көлемі 30-40 есе аз. Сондай-ақ алынатын газдағы күкірт диоксидінің тұрақты концентрациясы, күкірттің жану процесін қарапайым реттеу және оны автоматтандыру байқалады, пешті қыздыруға уақыт пен жанғыш материал аз жұмсалады.

Жоғары температурадағы күкірт диоксиді пештен қазандық-кәдеге жаратушыға және одан әрі күкірт қышқылын алудың технологиялық схемасы бойынша жіберіледі.

Циклонды үлгідегі пештермен жабдықталған күкірттен күкірт қышқылын өндіру жөніндегі қолданыстағы қондырғыларда тәулігіне 100 т және одан да көп күкірт өнімділігі бар. Өнімділігі 500 т/тәу дейін жаңа құрылымдар әзірленуде [1].

1 т моногидратқа жұмсалатын шығын: күкірт 0,34 т, су 70 м^3 , электр энергиясы 85 кВт·сағ.

Күкірт қышқылын өндірудің негізгі сатыларының бірі-SO₂ -ні SO₃ тотығу ванадий катализаторы қабатындағы контактілі аппаратта өту. Бұл кезең барлық өндірісті шектейді және SO₂ тотығу жылдамдығына жүйенің жалпы өнімділігі байланысты. Бұл ерекшелігі сатылар аралық салқындату арқылы SO₂ тотығу жылуын бұру қажеттілігі болып табылады. Ол үшін кірістірілген немесе шығарылған бұл жылу суық SO₂ қыздыру үшін пайдаланылатын жылу алмастырғыштар аппараты [1, 2]. Соңғы айналу деңгейін арттыру үшін SO₂ қос контактіні қолданады (КК). Бұл процесс SO₂ тотығу (байланыс) екі сатыда жүргізіледі. Бірінші сатыда 90% айналу дәрежесі қамтамасыз етіледі. Содан кейін реакциялық қоспадан бөлінеді SO₃, содан кейін екінші байланыс сатысын өткізеді 95% SO₃ бөлінеді, жалпы айналу деңгейі 99,5% құрайды.

Талқылау

Қос контактілі қондырғылар катализатор қабаттарының жалпы санымен, оларды сатылар және газ ағындары арасындағы жылу алмасу схемалары бойынша бөлумен ерекшеленеді. Екі түйістіру жүйелерінің контактілі аппараттарындағы катализатор қабаттарының саны 4-5 тең деп қабылданады, қабаттарды сатылар бойынша бөлу, мысалы, 2 + 2, немесе 3 + 1 және т.б. болуы мүмкін. 3 + 1 және 3 + 2 схемалар үшін жылу алмастырғыштардың жиынтық беті шамамен бірдей, бірақ 3 + 2 схемада жүктелетін катализатордың массасы шамамен 15 % - ға аз. Сонымен қатар, екінші сатыда катализатордың екі қабаты пайдалану шарттарының өзгеруіне аз сезімталдығын қамтамасыз етеді.

Сондықтан қазіргі уақытта күкірт қышқылы бес қабатты қондырғыларында қолданылады 3 + 2 схема бойынша байланыс аппараттары. Бұл сұлбаны V қабаттың алдында салқындату жылу алмастырғышта емес, аралық жылу алмастырғыштан келіп түсетін суық газдың бөлігін үрлеу арқылы жүргізуге болады, бұл пайдаланылған газдардағы SO₂ құрамын шамалы өзгертеді. КК қолданылатын схема, өз кезегінде, келесі артықшылықтарға ие:

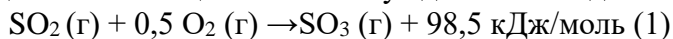
- КК әдісі күкірт оксидінің (IV) бірдей аз мөлшеріне қол жеткізуге мүмкіндік береді химиялық тазартудан кейінгі күкірт қышқылы өндірісінің пайдаланылған газдары, - неғұрлым концентрацияланған газдарды өндеуге болады, бұл айтарлықтай экономикалық әсері,

- әдіс 0,995% -0,999% тең конверсия дәрежесін алуға мүмкіндік береді. Қалдық күкірт оксидінің мөлшері (IV) бұл ретте 0,02% -0,05% құрайды.

Сонымен қатар контактілі аппараттардың осы түрін қолдану:

- басқалармен салыстырғанда олардың конструкциясының қарапайымдылығы;
- процесті бөлу арқылы қол жеткізілетін жоғары өнімділігі күкірт оксидінің тотығуы (IV) күкірт оксидіне (VI) және жылу беру процесіне;
- әр қабаттан кейін газды жақсы араластыру.

Каталитическое тотығу диоксиді күкірт үшөксиді пайдалана отырып жүргізіледі реакция бойынша қос контактілеу әдісімен ванадий катализаторы:



Күкіртті жағу пештерінен кейін 970 – 1090⁰С температурадағы күйдіру газ қазандыққа түседі – салқындатуға арналған утилизатор. Жылуды кәдеге жарату нәтижесінде қазандық–утилизаторда пайда болады қызған су буы. Күкірт диоксидінің мөлшері бар газ 11,0–12,0 %. және 390-444⁰С температурамен байланыс аппаратының I қабатына түседі.

Контактілі аппараттағы катализатордың бірінші қабатында әдетте SO₂ 65%-тен артық емес тотықтырады, нәтижесінде температура шығу қабатының көтерілуі мүмкін одан жоғары 600⁰С. Бірінші қабаттан кейін газды жылу алмастырғышта 450-470⁰С дейін салқын газбен салқындатады, бірінші сору мұнарасынан түсушілерге екінші қабатқа жібереді. Екінші қабатта бірінші қабатқа кіретін 25% SO₂ тотығады. Газ температурасы кейінгі екінші қабат 510-550⁰С дейін көтеріледі, екінші қабаттан кейін газды салқындату сондай-ақ бірінші абсорбциялық мұнарадан келіп түсетін жылу алмастырғыштарда суық газдан көп. Екінші

қабаттан кейін 430-450⁰С температураға дейін салқындатылған газ үшінші қабатқа түседі. Байланыс массасының үшінші қабатында әдетте 8% SO₂ оның санынан жауап береді, бірінші қабатқа түсетін. Газ температурасы 450-460⁰С дейін өседі. Кейін үшінші қабат газ жылу алмастырғыштарда 210 ± 15⁰С температураға дейін біртіндеп салқындатылады және бірінші абсорбциялық мұнараға түседі. Күкірт ангидридін абсорбциясы процесінен кейін 55-75⁰С температурадағы бірінші абсорбциялық мұнараға жүйелі түрде құбыраралық келіп түседі, газды салқындатуға арналған жылу алмастырғыштар кеңістігі 140-150⁰С, 245-255⁰С және 420 ± 20⁰С температураға дейін біртіндеп қызады, содан кейін түйісудің екінші сатысына, түйіспелі массаның IV қабатына түседі. IV қабатта газдағы күкірт диоксидінің көп бөлігіне немесе 4% - ға жуық I қабатқа түсетін SO₂. Газ температурасы 440 ± 20⁰С дейін көтеріледі. Алдында газды салқындату V қабатқа кіру құрғақ ауамен кептіру мұнарасынан жүзеге асырылады. V қабатқа газ түседі температурасы 420 ± 10⁰С. V қабатқа контактіге түсетін SO₂ санының 0,4 % - ға жуығы жауап береді.

Қорытынды

Ұсынылған мәтін негізінде жасалған ғылыми мақаланың қорытындысы:

Жүргізілген талдау нәтижесінде күкірт қышқылы өндірісінің тиімділігі тікелей **контактілі аппараттағы** технологиялық режимдер мен жылу алмасу процестеріне байланысты екені анықталды. Күкіртті циклонды пештерде жағу әдісі алаулы форсункалармен салыстырғанда газдың жоғары концентрациясын (16–18% SO₂) алуға және аппарат көлемін 30–40 есе азайтуға мүмкіндік беретін ең тиімді шешім ретінде айқындалды.

Мақалада қарастырылған **қос контактілеу (3+2 сұлбасы)** жүйесінің негізгі артықшылықтары келесідей тұжырымдалады:

- **Жоғары конверсия деңгейі:** Бес қабатты катализаторды және сатылы тотықтыруды қолдану SO₂-нің SO₃-ке айналу дәрежесін **99,5% – 99,9%**-ға дейін жеткізуге мүмкіндік береді.
- **Экологиялық қауіпсіздік:** Конверсия деңгейінің артуы атмосфераға шығарылатын зиянды қалдық газдардың мөлшерін 0,02–0,05%-ға дейін төмендетіп, өндірістің экологиялық сипаттамаларын жақсартады.
- **Энергетикалық тиімділік:** Аралық жылу алмастырғыштарды қолдану реакция кезінде бөлінетін экзотермиялық жылуды тиімді пайдалануға (бу алу, салқын газдарды қыздыру) және катализатор қабаттарындағы оңтайлы температуралық режимді (420–600⁰С) тұрақты ұстап тұруға мүмкіндік береді.

Түйіндей келгенде, ванадий катализаторы бар бес қабатты контактілі аппараттар мен қос абсорбциялау технологиясын енгізу – Қазақстанның химия өнеркәсібіндегі күкірт қышқылы өндірісінің өнімділігін арттырудың және шикізатты (Теңіз, Қашаған күкірті) толықтай кәдеге жаратудың ең тиімді жолы болып табылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Бесков В.С.Общая химическая технология. М.: ИКЦ «Академкнига», 2005, 452 с.
2. Временный технологический регламент цеха контактной серной кислоты. Тараз: ТОО «Казфосфат» «Минеральные удобрения», 2013, 167 с.
3. Собчинский А.И., Папина Е.Н., Тягливая И.Н. Общая химическая Технология, Лекционный курс, Ростов –на-Дону, 2017, 56с.
4. Боресков Г. К. «Гетерогенный катализ» (2003) или его ранние работы по катализу в производстве серной кислоты.
5. P. J. van den Heever, et al., "Modelling and Multi-Objective Optimization of the Sulphur Dioxide Oxidation Process" (Журнал Processes, MDPI) (2021), P.22
6. G. T. P. Mabaso, et al.). "High-throughput technology for novel SO₂ oxidation catalysts".2020, P.10 DOI:[10.3390/pr9061072](https://doi.org/10.3390/pr9061072)

7. Misbahudin Alhanif, Gelbert Jethro Sanyoto, Widayat Widayat, PROCESS INTEGRATION OF SULFURIC ACID PLANT BASED ON CONTACT PROCESS, 2020, 15(17):6, DOI:10.5098/hmt.15.17

8.

References

1. Beskov V.S. Obshhaja himicheskaja tehnologija. M.: ИКС «Академкнига», 2005, 452 s.
2. Vremennyy tehnologicheskij reglament ceha kontaktnoj sernoj kisloty. Taraz: TOO «Kazfosfat» «Mineral'nye udobrenija», 2013, 167 s.
3. Sobchinskij A.I., Papina E.N., Tjaglivaja I.N. Obshhaja himicheskaja Tehnologija, Lekcionnyj kurs, Rostov –na-Donu, 2017, 56s.
4. Boreskov G. K. «Geterogennyj kataliz» (2003) ili ego rannie raboty po katalizu v proizvodstve sernoj kisloty.
5. P. J. van den Heever, et al., "Modelling and Multi-Objective Optimization of the Sulphur Dioxide Oxidation Process" (Zhurnal Processes, MDPI) (2021), R.22
6. G. T. P. Mabaso, et al.). "High-throughput technology for novel SO₂ oxidation catalysts". 2020, R.10 DOI:10.3390/pr9061072
9. Misbahudin Alhanif, Gelbert Jethro Sanyoto, Widayat Widayat, PROCESS INTEGRATION OF SULFURIC ACID PLANT BASED ON CONTACT PROCESS, 2020, 15(17):6, DOI:10.5098/hmt.15.17

М. М. Айгубеков^{1*}, Г. С. Кенжибаева¹, Р. Р. Якубова¹, Б. Леска²

¹магистрант, им.М. Ауэзова. Южно-Казахстанский университет, Шымкент, Казахстан

¹к. т. н., доцент, им.М. Ауэзова. Южно-Казахстанский университет, Шымкент, Казахстан

¹к. т. н., доцент, им.М. Ауэзова. Южно-Казахстанский университет, Шымкент, Казахстан

²доктор наук, профессор, Университет Адама Мицкевича в Познани, Познань, Польша

*Автор для корреспонденции; meyir_8_8@mail.ru

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОКИСЛЕНИЯ ДИОКСИДА СЕРЫ В КОНТАКТНОМ АППАРАТЕ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ

Аннотация

Химическое производство представляет собой сложную химическую технологическую систему, сложность которой обусловлена множеством связей, элементами и системами, а также разнообразием решаемых проблем. Основной целью химического производства является получение химической продукции с заданными свойствами в небольшом количестве сырья и средств. Для того, чтобы обеспечить возможность оптимизации и анализа химической технологической системы, необходимо, во-первых, создать модель процесса, отражающую связь между элементами и их влияние друг на друга. Одна из ключевых стадий производства серной кислоты – это окисление SO₂ в SO₃ в контактном аппарате на слоях ванадиевого катализатора. Эта стадия лимитирует все производства и от скорости окисления SO₂ зависит общая производительность системы. Особенностью этой стадии является необходимость отвода тепла окисления SO₂ путем промежуточного охлаждения газа после каждого слоя катализатора. Для этого применяется встроенные или выносные теплообменники, в которых это тепло используется для нагрева холодного SO₂, поступающего в аппарат. Поэтому в статье представлен анализ контактных аппаратов в производстве серной кислоты с промежуточным или внутренним теплообменом. Для проведения окисления диоксида серы показан контактный аппарат с выносными теплообменниками, состоящий из пяти слоев. Это дает возможность регулирования температурного режима и возможности использования теплоты реакции в теплообменниках.

Ключевые слова: серная кислота, диоксид серы, аппарат связи, контактирование, теплообменник, схема двойного контакта.

M.M. Aigubekov^{1*}, G.S. Kenzhibayeva¹, R.R. Yakubova¹, B. Leska²

¹master's student, M. Auezov. South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

¹candidate of Technical Sciences, Associate Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

¹candidate of Technical Sciences, Associate Professor, M. Auezov South Kazakhstan University, Shymkent, Kazakhstan

²Dr. Sci., Professor, Adam Mickiewicz University in Poznan, Poznan, Poland

*Corresponding author's email: meyr_8_8@mail.ru

STUDY OF THE PROCESS OF OXIDATION OF SULFUR DIOXIDE IN A CONTACT APPARATUS IN THE PRODUCTION OF SULFURIC ACID

Abstract

Chemical production is a complex chemical technological system, the complexity of which is due to a variety of connections, elements and systems, as well as a variety of problems to be solved. The main purpose of chemical production is to obtain chemical products with desired properties in a small amount of raw materials and means. In order to provide the possibility of optimization and analysis of the chemical technological system, it is necessary, first, to create a process model that reflects the relationship between the elements and their impact on each other. One of the key steps in the manufacture of sulfuric acid is the oxidation of SO₂ to SO₃ in the contact apparatus on the layers of the vanadium catalyst. This stage limits all production and the overall performance of the system depends on the oxidation rate of SO₂. A special feature of this stage is the need to remove the heat of SO₂ oxidation by intermediate cooling of the gas after each catalyst bed. Therefore, the article presents the analysis of contact devices in the production of sulfuric acid with intermediate or internal heat exchange. For the oxidation of sulfur dioxide shows a contact device with external heat exchangers, consisting of five layers. This makes it possible to regulate the temperature regime and the possibility of using the reaction heat in heat exchangers.

Key words: sulfuric acid, sulfur dioxide, contact apparatus, contact, heat exchanger, double contact scheme.