

001.001.02 (003)
1131
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МАТЕРІАЛИ

**НАУКОВО - ТЕХНІЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ
ВИКЛАДАЧІВ, СПІВРОБІТНИКІВ,
АСПІРАНТІВ І СТУДЕНТІВ
ІНЖЕНЕРНОГО ФАКУЛЬТЕТУ
(ЧАСТИНА I)**

**Сумський державний
університет
БІБЛІОТЕКА**

Суми

Вид-во СумДУ

**Україна 2007
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Читальний зал № 4

Матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів інженерного факультету. Частина I. - Суми: Вид-во СумДУ, 2007. - Вип. 9. - 170 с.

У збірнику в скороченому вигляді подані матеріали доповідей науково-технічної конференції інженерного факультету СумДУ 13 секцій. Збірник може бути корисним аспірантам і студентам вузів, а також інженерам галузей загального та хімічного машинобудування.

Редакційна колегія: канд.техн.наук, проф. А.О. Євтушенко (відп. редактор);

канд.техн.наук, доц. В.Г. Євтухов (заст. відп. редактора).

Члени редколегії:

д-р техн.наук, проф. А.П. Врагов;
канд.хім.наук, доц. С.Ю. Лебедев;
д-р техн.наук, проф. Л.Д. Пляцук;
канд.техн.наук, доц. С.В. Швець;
канд.техн.наук, проф. В.І. Сігова;
д-р техн.наук, проф. В.О. Залога.

ХІМІЧНІ НАУКИ

ИЗУЧЕНИЕ КИНЕТИКИ ГИДРОЛИЗА САХАРОЗЫ. ВЛИЯНИЕ ПРИРОДЫ КИСЛОТЫ.

Т.А. Хижняк, А.С. Кулиш, С.Ю. Лебедев

Целью данного исследования являлось изучение кинетики гидролиза сахарозы при постоянной температуре в присутствии разных кислот – катализаторов изучаемого процесса.

Для исследования брались растворы сахарозы с концентрацией 0,15 моль/л, которые смешивались с растворами серной, соляной или азотной кислот концентрации 0,7 – 3 моль/л. Изучение кинетики проводили поляриметрическим методом при температуре 28,2°C. Температура регулировалась контактным термометром с точностью $\pm 0,05^\circ$. При каждой концентрации катализатора проводилось 1 – 3 измерения. Результаты кинетических экспериментов приведены в таблице.

Серная кислота		Соляная кислота		Азотная кислота	
C, моль/л	$k_{ср}, \text{мин}^{-1}$	C, моль/л	$k_{ср}, \text{мин}^{-1}$	C, моль/л	$k_{ср}, \text{мин}^{-1}$
0,727	0,0130	0,95	0,0200	0,734	0,0119
1,453	0,0365	1,42	0,0339	0,979	0,0184
1,928	0,0658	2,13	0,0747	1,468	0,0351
2,314	0,0910	2,84	0,1339	1,908	0,0494
2,602	0,1202			2,348	0,0682
2,890	0,1663			2,879	0,110
2,974	0,1920				

Ранее нами установлено, что зависимость константы скорости реакции гидролиза сахарозы от концентрации катализатора имеет вид:

$$k = k_0 \exp(a \cdot C).$$

Рассчитанные нами из экспериментальных данных коэффициенты этого уравнения имеют следующие значения:

серная кислота: $k_0 = 0,00638$, $a = 1,150$;

соляная кислота: $k_0 = 0,00793$, $a = 1,015$;

азотная кислота: $k_0 = 0,00689$, $a = 0,984$.

Обращает на себя внимание близость соответствующих коэффициентов для разных кислот. Это является подтверждением известного механизма реакции каталитического гидролиза сахарозы, на первой стадии которого происходит протонизация эфирного кислорода. Данная стадия является лимитирующей, поэтому, учитывая, что все используемые кислоты сильные, близость коэффициентов становится понятной. В то же время видна близость коэффициентов a для одноосновных кислот.

Для однозначной интерпретации влияния природы кислоты нами в настоящее время проводятся более тщательные исследования.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ИОНА ФТОРА В ПРИРОДНЫХ ВОДОЕМАХ

Т.С. Клепальская, О.В. Коваленко, И.Г. Воробьева

Фтор относится к числу наиболее распространенных химических элементов земной коры. Обогащение почв фтором происходит в результате выветривания пород, за счет метеорных вод, вулканических и промышленных выбросов. Фтор в почвах нашей страны обнаруживается в пределах 0,003 – 0,032 %. Трудовая деятельность оказывает значительное влияние на содержание фтора в почвах. Ранее проведенными исследованиями было показано, что содержание водорастворимого фтора в почвах г. Сумы и Сумского района превышают санитарно-токсикологические нормы. Целью данного исследования было изучить содержание фтора в водоемах г. Сумы, так как в организм человека с пищевыми продуктами поступает в 4-6 раз меньше фтора, чем при употреблении питьевой воды, содержащей оптимальные его количества.

Фтор обнаруживается в поверхностных, грунтовых, морских водах. Питьевая вода с концентрацией фтора более 0,2 мг/л является основным источником его поступления в организм. Воды поверхностных источников характеризуются преимущественно низким содержанием фтора (0,3 – 0,4 мг/л). Высокие концентрации фтора в поверхностных водах являются следствием сброса промышленных фторсодержащих сточных вод или контакта вод с почвами, богатыми соединениями фтора.

При систематическом использовании питьевой воды, содержащей избыточные количества фтора, у населения развивается эндемический флюороз. Отмечается характерное поражение зубов (крапчатость эмали), нарушение процессов окостенения скелета, истощение организма.

Если избыточные количества фтора в питьевой воде вызывают эндемический флюороз, то дефицит этого микроэлемента (меньше 0,5 мг/л) вызывает кариес зубов.

Клиническими и экспериментальными исследованиями установлено, что оптимальные концентрации этого элемента обладают противокариесным свойством. Механизм противокариесного действия фтора состоит в том, что при его взаимодействии с минеральными компонентами костной ткани и зубов образуются труднорастворимые соединения. Эта биологическая особенность фтора послужила научной основой для разработки эффективного метода профилактики кариеса зубов – фторирования питьевой воды. Систематическое использование населением фторированной воды приводит к снижению заболеваемости кариесом зубов.

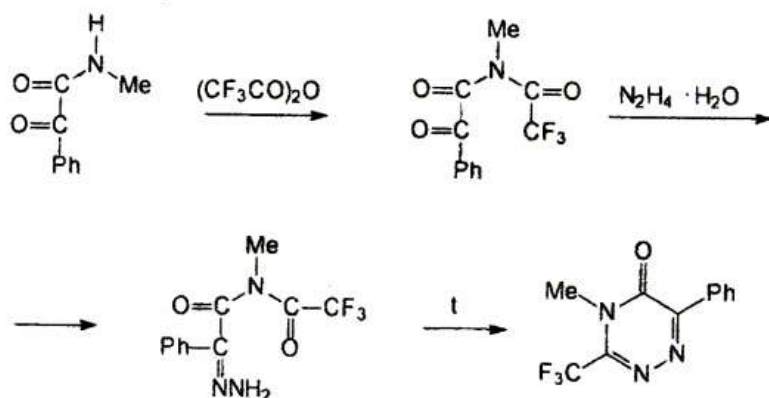
В результате проведенных исследований показано, в поверхностных водах содержание фтора снижено, а в питьевой воде фтора содержится оптимальное количество.

НОВЫЙ МЕТОД СИНТЕЗА 4-МЕТИЛ-5-ОКСО-3-ТРИФТОРМЕТИЛ-6-ФЕНИЛ-1,2,4-ТРИАЗИНА

М.В. Костина, Н.Е. Мельниченко, Л.М. Миронович

В литературе описано получение 4-метил-5-оксо-3-трифторметил-6-R-2H-1,2,4-триазинов. Синтез ведут в несколько стадий. Вначале конденсацией амидразонов с α -кетокислотами или взаимодействием гидразингидрата с нитрилами α -тиоэфиров получают 3-трифторметил-5-оксо-6-R-4H-1,2,4-триазины, которые в дальнейшем подвергают метилированию.

При метилировании CH_3I получают смесь двух продуктов метилирования по атомам азота гетероцикла: 3-трифторметил-2-метил-5-оксо-6-фенил-1,2,4-триазин и 3-трифторметил-4-метил-5-оксо-6-фенил-1,2,4-триазин, а при метилировании диазометаном кроме того выделяют еще и продукт O-метилирования.



Нами предложен новый метод синтеза 4-метил-5-оксо-3-R-6-R-1,2,4-триазина конденсацией гидразингидрата в спирте с N-метил-N'-трифторацетиламидом бензоилмуравьиной кислоты. Взаимодействием трифторуксусного ангидрида в пиридине с N-метиламидом бензоилмуравьиной кислоты получен N-метил-N'-трифторацетиламид бензоилмуравьиной кислоты, который подвергали циклизации при кипячении с 84 % гидразингидратом в пропанол-2. Промежуточный гидразон из реакционной смеси не выделяли для увеличения выхода продукта реакции.

Синтезированный 4,5-дигидро-4-метил-3-трифторметил-6-фенил-1,2,4-триазин представляет собой белое кристаллическое вещество, нерастворимое в воде. Строение соединения подтверждено данными элементного анализа, ИК и ЯМР ¹H спектроскопии.

В инфракрасном спектре соединения наблюдаются характеристические полосы поглощения при 1600, 1560, 1490, 1460 см⁻¹ (C=C, C=N); 1105, 1027, 965 см⁻¹ (область «отпечатков пальцев» гетероцикла). Валентное колебание карбонильной группы находится при 1720 см⁻¹, трифторметильной - при 1380, 1305 см⁻¹.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛИМЕРСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

А.А.Павленко, Л.М.Миронович

Проблема утилизации полимерных отходов является в Украине, как и во всем мире, одной из актуальных задач как с точки зрения экологии так и экономической стороны. Сегодня отходы рассматривают не только как фактор загрязнения окружающей среды, а как существенный потенциал вторичного сырья. Производство полимерных материалов возрастает и по прогнозам к 2010 году будет составлять 180 млн.тонн, в том числе 18.4 млн.тонн полиэтилентерефталата (соответственно его отходы составят до 1.5 млн.тонн). В последнее время широко распространен "рециклинг" отходов, который может быть механическим или химическим. Энергетический рециклинг связан с получением энергии в результате сжигания отходов. В последнее время отработаны технологии переработки бутылок-ПЭТФ, но исследовательские работы в этом направлении продолжаются.

Нами исследована утилизация отходов зонтичной ткани, которая представляет собою смесевую цветную тканевую композицию, содержащую приблизительно 20% полиэтилентерефталата (ПЭТФ) и 80 % поликапроамида (ПА). Плавлением измельченных отходов зонтичной ткани в экструдере (ЧП-63х32), имеющем три зоны нагрева, получена однородная полимерная композиция коричневого цвета, пригодная для дальнейшего формования.

Определены физико-механические характеристики полимерной композиции на основе отходов зонтичной ткани. Образцы для физико-механических испытаний получали на литьевой машине ГШП-2 при температуре расплава 285 °С. Установлено, что по некоторым показателям полимерная композиция не уступает таковым для вторичного ПЭТФ ил ПА, но превышает механические показатели для композиций на основе ПЭТФ, например ПЭТФ/ПЭНП.

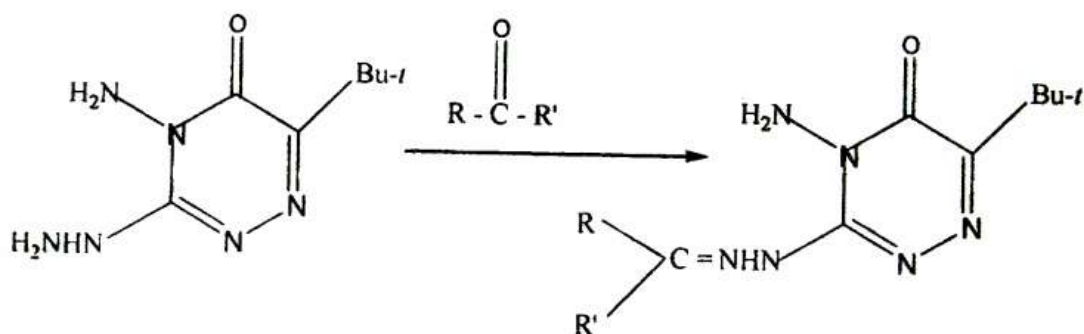
Установлено, что добавка ПЭТФ к ПА более эффективна чем добавка стекловолокна к поликапроамиду. Недостаток полученного композиционного материала – довольно малое относительное удлинение при растяжении (6-8 %), что значительно уступает ПЭТФ, но соответствует некоторым композиционным материалам на основе полиэтилентерефталата, например ПЭТФ/ПЭВП (1:4) – 2,6 %.

Проведен термографический анализ (дериватограф Q-1500 D) композиционного материала. Дана сравнительная характеристика термограмм ПЭТФ/ПА, вторичных ПЭТФ и ПА. Установлено, что полимерная композиция на основе ПЭТФ/ПА подвергается окислительно-деструктивным процессам более интенсивно по сравнению со вторичными ПЭТФ или ПА.

РЕАКЦИИ НУКЛЕФИЛЬНОГО ПРИСОЕДИНЕНИЯ И ЗАМЕЩЕНИЯ АМИНО(ГИДРАЗИНО) 1,2,4-ТРИАЗИНОВ

С.М.Ефименко, А.В.Полетавкин

4-Амино-3-гидразино-5-оксо-6-*трет*-бутил-1,2,4-триазин вступает в реакции с кетонами. Синтез проводили в диоксане при перемешивании и нагревании до 50-60 °С. Эквимолярное соотношение реагентов (триазин:кетон, 1:1) приводит к выделению N-(R,R'-метилен)-N'-(4-амино-6-*трет*-бутил-5-оксо-1,2,4-триазин-3-ил)гидразинов. Соотношение реагентов триазин:кетон (1:2) дает аналогичное соединение. Несмотря на сравнительно высокую реакционную способность аминогруппы в реакциях с кетонами в условиях эксперимента она проявляет инертность. Выделение производных гидразина затрудняется смолообразованием



В ЯМР ¹H спектрах соединений есть в наличии синглет протонов *трет*-бутильной группы при 1,25-1,27 м.д.; синглет протонов аминной группы – при 5,8 м.д. Синглет метильной группы находится при 1.9 м.д.. При 2,15 м.д. расположен мультиплет метиленовой группы –CH₂-, а триплет метильной группы этильного заместителя находится при 1.05 м.д.

В ИК спектрах соединений характеристическая полоса поглощения C=O группы гетероцикла находится при 1632 см⁻¹ (в исходном соединении при 1680 см⁻¹). В области «отпечатков пальцев» расположены характеристические колебания триазинового скелета: 1092, 992, 976 см⁻¹. Характеристические полосы поглощения групп C=C, C=N находятся при 1576, 1556, 1540, 1484 см⁻¹. Для аминогруппы наблюдаются характеристические полосы поглощения при 3316, 3264, 2964, 2932 см⁻¹.

Исследовано ацелирование исходного соединения уксусным ангидридом в среде пиридина. Установлено, что в условиях эксперимента, ацелирование не происходит. В литературе есть упоминание о пониженной реакционной способности аминогруппы для 4-амино-1,2,4-триазинов. Ацилирование по аминогруппе соединения происходит при кипячении его с хлористым бензоилом в среде пиридина. Выделен - N-(6-*трет*-бутил-3-метилмеркапто-5-оксо-1,2,4-триазин-3-ил)бензамид.

ПОЛИМЕРИЗАЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ОЛИГОМЕРА ВИНИЛОВОГО ТИПА В ПРИСУТСТВИИ ИНИЦИАТОРОВ РАЗНОГО ХИМИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ

Л.М.Миронович, Е.Д.Иващенко, Ю.Б.Никозять**

*Полтавский университет потребительской кооперации Украины**

Нами получен полимеризационноспособный олигомер винилового типа – дивинил(триэтиленгликоль)бис-о-фталат (ДФТ). Синтез ДФТ осуществляли азеотропным методом из моновинил-о-фталата и триэтиленгликоля в присутствии каталитических количеств серной кислоты.

Иницирированная полимеризация ДФТ исследована кинетическим методом (термометрическим и броматометрическим) по конверсии двойных связей при T 323 К и парциальном давлении 21-100 кПа в присутствии ДАК. Установлено, что полимеризационная способность ДФТ выше по сравнению с олигоэфиракрилатами подобного строения. Установлено, что процесс пленкообразования ДФТ, подобен пленкообразованию олигоэфиракрилатов и проходит по пошаровому механизму. Кинетика полимеризации ДФТ и ее граничные глубины определяются глубинами окисления при пленкообразовании. ДФТ превышает по пленкообразующей способности метакрилатные аналоги (МЕА, МГФ-9, ТГМ-3) и ДФТ можно применять в качестве лакокрасочного материала в композициях с аллиловыми эфирами.

Полимеризация ДФТ в присутствии ацетилацетонатов (АА) переходных металлов в литературе не описана. Поэтому нами исследована полимеризация ДФТ в присутствии АА переходных металлов, иницирированных УФ-облучением. Пленки наносили наливом из толуольного раствора на пластинки из кварцевого стекла. Первоначально образцы термостатировали и облучали УФ лучами ртутно-кварцевой лампы ДРТ-400 на расстоянии 10 см от поверхности пленок. Для пленок определяли броматометрически конверсию двойных связей ($\Gamma_{дв}$). Образцы сушили при 353 К.

Установлено, что при времени облучения 300 с и более, скорость пленкообразования соответствует скорости пленкообразования ДФТ, отвержденного в присутствии ОВС на воздухе. Исследование пленкообразующей способности ДФТ от концентрации ФИ показало, что с увеличением концентрации ФИ от 2,5 до 5 % скорость полимеризации возрастает, но при этом ухудшаются физико-механические характеристики пленок (изгиб, прочность при ударе, относительная прочность). Скорость пленкообразования в условиях эксперимента возрастает в ряду АА кобальта(III) > АА железа (III) > АА никеля (II) > АА хрома (III).

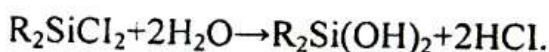
ДФТ отвержденный в присутствии АА железа (III) нашел применение в качестве пленкообразующего вещества в ортодонтии при изготовлении зубных протезов.

ПОЛІОРГАНOSИЛОКСАНИ І МАТЕРІАЛИ НА ЇХ ОСНОВІ

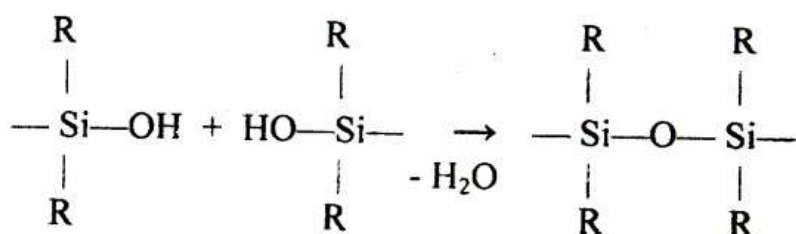
Л.В.Голобородько, А.Ю.Журенко, Ю.Ю.Куцомеля, Ю.В.Ліцман

Поліорганосилоксани(силікони) – це полімери, основним структурним компонентом яких є група, що містить ланцюг Силіцій – Оксиген - Силіцій, в якому поряд з атомом Силіцію розташована хоча б одна органічна група.

Вихідною сировиною для виробництва поліорганосилоксанів є алкілхлоросилани(R_nSiCl_{4-n}) та алкілетоксисилани($R_nSi(OC_2H_5)_{4-n}$). На першій стадії ці сполуки гідролізуються з утворенням силанолів($R_nSi(OH)_{4-n}$), наприклад:



На другій стадії молекули силанолів підлягають поліконденсації, відщеплюючи воду, і перетворюються на полімер, в якому є силоксанові зв'язки:



Отримані таким способом полімери мають невелику молекулярну масу, тому потребують додаткової обробки – нагріванню в присутності повітря та каталізаторів. Внаслідок цього процесу частина алкільних груп, пов'язаних з Силіцієм, окиснюється, а Оксиген, який займає їх місце, зшиває силоксанові ланцюги між собою. Молекулярна маса полімеру різко зростає і поліорганосилоксан, в залежності від природи алкільного радикалу, пов'язаного з Силіцієм, і від режиму обробки, набуває властивості в'язкої рідини, смоли чи каучука. Регулювання режиму термічної поліконденсації дозволяє змінювати число поперечних «зшивок» між окремими ланцюгами, отже й ступінь пластичності полімеру. Зміна складу вихідного алкілхлоросилану(R_nSiCl_{4-n}) також впливає на будову і властивості полімеру. Практично використовують суміші алкілхлоросиланів($n=1,2,3$) з різним значенням n . При $n>2$,1 утворюються силіконові рідини; при $n=2$ – еластичні каучуки; при $n<2$ – пластичні маси.

Полімерні матеріали на основі поліорганосилоксанів характеризуються унікальними властивостями, що зумовлено особливостями їхньої будови. Поліорганосилоксани мають неорганічний головний ланцюг. Енергія зв'язку Si-O(374кДж/моль) в 1,5 рази більша за енергію зв'язку C-C, а енергія зв'язку Si-C(242кДж/моль) практично дорівнює енергії зв'язку C-C(245кДж/моль). Таким чином, особливістю будови молекул поліорганосилоксанів є наявність міцного зв'язку між атомом Силіцію та атомом Оксигену і слабкого зв'язку між атомом Силіцію та атомом Карбону

алкільної групи. При частковому термічному відриві вуглеводневих груп виникають поперечні зшивки між молекулами, проте полімерний ланцюг не руйнується. Це є причиною значної термічної стійкості силіконів.

В'язкість силіконових рідин мало залежить від температури, що дозволяє отримувати на їх основі мастильні матеріали, які однаково придатні до використання при температурах від -70 до $+170^{\circ}\text{C}$ і навіть вище. Звичайні мастила на вуглеводневій основі в таких умовах або згущуються, або стають надмірно рідкими – в обох випадках вони перестають виконувати своє призначення. Силіконові мастила використовуються для змащування металічних прес-форм, деталей, у виробництві пластмасових та гумовотехнічних виробів, для обробки фільм у виробництві хімічних волокон, тощо.

Силіконові каучуки зберігають еластичність в температурному інтервалі від -60 до $+250^{\circ}\text{C}$. За своєю стійкістю до атмосферного впливу, ультрафіолетовому світлу, озону, окисникам, органічним розчинникам і т.п. гума на основі силіконових каучуків перевищує всі інші типи гум. Наприклад, полідиметилсилоксан з молекулярною масою 300000 являє собою каучук, на основі якого виготовляють силіконову гуму. Такий матеріал зберігає працездатність при 300°C до 500 годин, в той час як гуми на основі поширених ізопренових каучуків при цій температурі розкладаються. Зауважимо також, що морозостійкість ізопренових каучуків не нижче -45°C , а для силіконової гуми досягається робоча температура -80°C .

Поєднання термостійкості та відмінних електроізоляційних властивостей робить силіконові каучуки незамінними для електротехніки: звичайна ізоляція витримує нагрівання не вище $130-150^{\circ}\text{C}$, тоді як силіконова працює при $180-200^{\circ}\text{C}$ і не руйнується при короткотривалому нагріванні до $250-300^{\circ}\text{C}$. Навіть пожежа не призводить до повного руйнування силіконової ізоляції: під час її горіння на поверхні дроту утворюється плівка з оксиду силіцію.

Ще одна властивість силіконових полімерів – здатність надавати гідрофобність матеріалам, на які вони нанесені. Причиною цього є закріплення силіконового полімеру на поверхні (адсорбція) головним чином за допомогою полярних силоксанових груп. Вуглеводневі радикали в адсорбції участі не приймають – вони утворюють зовнішній шар на обробленій поверхні. Саме цей шар з неполярних органічних груп перешкоджає змочуванню поверхні водою. Оброблені силіконами тканини не промокають і в той самий час гарно пропускають повітря. Під час гідрофобізації силіконами поверхні порцелянових ізоляторів значно зменшується небезпека замикання внаслідок вологої плівки, що утворюється під час дощу, туману і т.п.

Таким чином, силіконові матеріали широко застосовуються у різних галузях промисловості. Ця група матеріалів може бути легко пристосована для використання з різною метою і має такі типові властивості як стійкість до дії високих температур, хімічних реагентів та старіння.

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ВОДЫ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ

А.А.Хайбулаев, Т.В.Дыченко

В данном сообщении мы познакомимся с исследованиями ученых по оценке влияния качества питьевой воды на здоровье населения. Как известно, именно с водой мы получаем до 25% суточной потребности химических веществ организма. Избыток (впрочем как и регулярный недостаток) того или иного химического элемента может приводить к различным заболеваниям.

Установлено, что длительное употребление воды с повышенным содержанием железа (более 3 мг/л) увеличивает риск инфарктов и негативно влияет на репродуктивную функцию. «Сухость и зуд кожи» - это тоже «следы» избыточного железа. Повышенная концентрация меди вызывает поражение слизистых оболочек, почек и печени; никеля – поражение кожи; цинка – заболевание почек. Хром, свинец, кадмий, накапливаясь, способствуют развитию онкологических заболеваний и расстройству нервной системы. А потребление воды с высоким природно-обусловленным содержанием бора, брома приводит к росту заболеваний органов пищеварения. Повышенная концентрация алюминия оказывает угнетающее действие на центральную нервную и иммунную системы. Большая концентрация фтора в воде (предел 0,7-1,5 мг/л) «украшает зубы» пятнами (флюороз), недостаточное – вызывает кариес.

Привлекает к себе внимание и жесткость воды в связи с выявленной обратной зависимостью между жесткостью воды и смертностью от сердечно-сосудистых заболеваний. Использование воды с высокой концентрацией хлоридов и сульфатов (превышение нормативов в 3-5 раз) определяет повышенный уровень заболеваемости желчно- и мочекаменной болезнями, патологии сердечно-сосудистой системы. Риск заболеваний хроническими нефритами и гепатитами, более высокая мертворождаемость, токсикозы беременности, врожденные аномалии развития – питьевая вода загрязнена азотсодержащими и хлорорганическими соединениями. Под воздействием нитратов (свыше 44,6 мг/л) снижается артериальное давление, подавляется кроветворная функция у детей.

Большую остроту приобретает проблема образования в питьевой воде загрязненной трудноокисляемыми органическими соединениями высокотоксичных хлорорганических соединений (в том числе, диоксинов) при обеззараживании питьевой воды хлором.

Результаты научных исследований свидетельствуют о том, что в связи с интенсивным загрязнением открытых водоемов, сдвигами экологического равновесия происходит выделение обитающими в воде микроорганизмами стойких токсических веществ, вызывающих поражение нервной, иммунной и пищеварительной систем человека, а также мутагенные последствия.

ИСТОЧНИКИ И ВИДЫ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА

П.С.Дымников, Т.В.Дыченко

Исключительно важное значение приобрела проблема загрязнения воздуха вредными промышленными отходами, продуктами жизнедеятельности человека, токсичными химическими и радиоактивными веществами. Это проблема международная, потому что воздух не знает государственных границ.

Несмотря на величину воздушного бассейна, он подвергается существенным воздействиям, что вызывает изменения его состава как на отдельных участках, так и на всей планете. Подсчитано, что в высокоразвитых странах на хозяйственные нужды человек тратит на 10 – 16% больше кислорода чем его образуется в результате фотосинтеза растений. Поэтому в крупных городах возникает дефицит O_2 . Кроме того, в результате интенсивной работы промышленных предприятий и транспорта в воздух выбрасывается огромное количество пылеобразных и газообразных отходов. Подсчитано, что в мире на протяжении года с продуктами сгорания выбрасывается в атмосферу больше чем 300 млн.т оксидов углерода, 50 млн. т углеродов, 50 млн. т оксидов азота, 150 млн. т оксидов серы, 350 тыс.т соединений свинца. В крупных городах на автомагистралях концентрация основного токсичного компонента газового выхлопа – чадного газа – достигает 200 – 500 мг/м³ (при норме 3 мг/м³).

В природе безостановочно идут и процессы самоочищения. Если бы этого не было, то атмосфера давным-давно бы уже стала непригодной для жизни. Многие процессы самоочищения изучены подробно. Известно, например, что газообразный SO_2 в природе примерно за неделю в результате химических и фотохимических реакций полностью превращается в аэрозоль сульфата аммония $(NH_4)_2SO_4$. Однако это только при небольшой концентрации SO_2 . В районах со слабыми ветрами, низкой нормой осадков, специфичным рельефом, бедностью зеленых насаждений самоочищение выражено очень слабо, и необходима активная работа, чтобы избежать выпадения кислотных дождей.

В СНГ для предупреждения загрязнения воздуха на предприятиях для очистки газов, удержания пыли и вредных газообразных примесей применяют следующие методы: сухие или механические (пылеосадительные камеры, циклоны); мокрые (поглотительные башни с насадкой); электрические с электрофильтрами; адсорбционные с адсорбентами; химические – для взаимодействия с химическими соединениями, чаще на катализаторах; термические (например, факельное сгорание) и др.

ПРИМЕНЕНИЕ АНИОНСЕЛЕКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОДОВ ДЛЯ АНАЛИЗА ПРИРОДНЫХ ВОД И СТЕПЕНИ РАЗЛОЖЕНИЯ ХЛОРООРГАНИЧЕСКИХ ПЕСТИЦИДОВ.

Рой И.А., Манжос А.П.

Качество и оперативность контроля за состоянием окружающей среды во многом зависит от наличия селективных и быстрых методов определения химических загрязнителей. Потенциометрия с применением ионоселективных электродов открыла широкие перспективы для определения концентраций различных ионов и способна осуществлять контроль за накоплением их остатков в пищевых продуктах, сельскохозяйственном сырье, подземных и грунтовых водах и других объектах природной среды.

Все ИСЭ в основе своей конструкции имеют ионочувствительную мембрану, проницаемую для конкретного типа ионов. Отсюда, как правило, появляется возможность высокоселективного определения. Для создания подобных мембранных электродов используют широкий спектр электродноактивных.

При оценке разложения пестицидов в объектах окружающей среды и их исчезновение из анализируемых образцов (почва, вода) еще не является доказательством полного разложения препарата. Существенная часть его может находиться в связанном состоянии и при определенных условиях вновь переходить в жидкую фазу. Известно, что определение высвобождающихся хлор-ионов после инкубирования почвы или воды с хлорорганическими пестицидами (пропанид, хлоранилины и др.) может служить удовлетворительным тестом, свидетельствующим о скорости и полноте протекания процессов самоочищения этих сред от остатков препарата.

Разработана методика определения степени дехлорирования пестицидов в почве и воде. Она заключается в том, что после инкубирования образцов с пестицидом сравнивают содержание хлор-ионов в опыте и контроле. С помощью хлорид-селективного электрода определяют концентрацию (активность) ионов хлора. Образцы почвы высушивают, растирают, усредняют и приготавливают суспензию с 0,5 М раствором нитрата аммония в соотношении 1:5. суспензию центрифугируют; отбирают аликвоту и подкисляют азотной кислотой.

В пресной воде и незасоленной почве можно определять степень дехлорирования пестицидов, внесенных в концентрации 5-50 мг/л (водные среды) и 5-50 мг/кг (почва). Ошибка определения не превышает 10-20 % и зависит от фонового уровня хлоридов, концентрации пестицида и содержания атомов хлора в его молекуле.

БИОХИМИЧЕСКАЯ КОРРОЗИЯ

Е.Н.Назарьева, Ю.А.Толстун, Л.С.Манжос

Биохимическая или биологическая коррозия протекает под воздействием микроорганизмов и продуктов их жизнедеятельности. Наиболее опасными микроорганизмами являются бактерии.

Следует отметить, что биохимическая коррозия в чистом виде встречается крайне редко, поскольку в присутствии влаги протекает одновременно и электрохимическая коррозия.

Все микроорганизмы, оказывающие какое-либо воздействие на металлические поверхности принадлежат к двум группам бактерий: аэробным и анаэробным. Жизнедеятельность аэробных бактерий протекает только при наличии кислорода. Анаэробные – развиваются при отсутствии кислорода.

Аэробные бактерии способствующие коррозии могут быть окисляющими серу и осаждающими железо и марганец (железобактерии). Энергия необходимая для развития и роста бактерий, окисляющих серу, получается в результате окисления последней. Конечный продукт окисления – серная кислота. Эти бактерии лучше всего развиваются в кислой среде ($\text{pH}=0-6$) и производят так много серной кислоты, что концентрация ее достигает 10%.

Величина pH , при которой существуют железобактерии лежит в пределах 4 – 10. Железобактерии поглощают железо и марганец в ионном состоянии, а выделяют в виде нерастворимых соединений. Неравномерные отложения этих соединений на поверхности металлов приводят к тому, что значения их потенциалов становятся неодинаковыми. Возникающая электрохимическая гетерогенность поверхности усиливает коррозию.

Анаэробные бактерии бывают в основном сульфатвосстанавливающими (сульфатредуцирующими). Эти бактерии существуют во влажной среде и в водах с органическими соединениями и, прежде всего, сульфатами и где полностью отсутствует атмосферный кислород. Наиболее благоприятно они развиваются при $\text{pH} = 5 - 9$. В результате жизнедеятельности бактерии восстанавливают SO_4^{2-} - ионы в сульфид ионы S^{2-} . Эти бактерии активно поглощают водород, выделяющийся при катодном процессе. Присутствие в коррозионной среде сульфидов и сероводорода заметно ускоряет коррозию. Способствует развитию коррозии присутствие в коррозионной среде ионов Fe^{2+} . Если этих ионов достаточно для связывания всего выделяющегося сероводорода, то на поверхности металла образуется рыхлый налет сульфида железа, который способствует облегчению протекания реакции катодной деполяризации. Коррозия носит питтинговый характер.

На долю микроорганизмов приходится до 70 – 75% всех потерь коррозии, а в нефтедобывающей промышленности – до 80%, причем в основном за счет деятельности сульфатредуцирующих бактерий.

ИССЛЕДОВАНИЕ ТВЕРДОЙ ФАЗЫ ПРИ ГИДРАТАЦИИ ПОЛУГИДРАТА СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ

А.Г. Аблеев, С.Б. Большанина, Л.И. Марченко

В производстве экстракционной фосфорной кислоты полугидратно-дигидратным способом наименее изученной является стадия оводнения ПГ – полугидрата сульфата кальция, полученного в процессе его экстракции из фосфатного сырья. Фазовое превращение протекает на фоне присутствующих в гидратирующей суспензии примесей, перешедших в полугидрат из апатита, которые в процессе его оводнения подвергаются частичному растворению или перекристаллизации совместно с основным продуктом. В литературе имеются данные о влиянии на кинетику процесса избыточных количеств СаО или свободной серной кислоты, а также ионов F^- , Mg^{2+} и SiF_6^{2-} , однако характер воздействия полуторных оксидов Fe_2O_3 и Al_2O_3 исследован недостаточно.

Для выяснения механизма фазового перехода ПГ→Г был тщательно проанализирован процесс оводнения полугидрата сульфата кальция в фосфорной кислоте, исходная концентрация которой по P_2O_5 и Al_2O_3 составляла соответственно 10,0 и 2,0% (рис. 1). Как оказалось, та часть оксида алюминия, которая переходит в твердую фазу, осаждается практически полностью уже через 15 мин. после начала процесса. В начале процесса наблюдается уменьшение относительного содержания Al_2O_3 в твердой фазе из-за увеличения общей массы осадка в результате гидратации полугидрата. Изменение концентрации P_2O_5 в твердой фазе в процессе оводнения проходит через несколько стадий. Первое повышение количества P_2O_5 от 1,8% в исходном полугидрате до 3,1-3,2% связано с образованием фосфата алюминия, следующее увеличение до 9,8-10,1% характеризует появление гидрофосфата кальция. И наконец, последняя стадия отвечает оводнению обеих кальциевых солей до двуводных кристаллогидратов $CaHPO_4 \cdot 2H_2O$ и $CaSO_4 \cdot 2H_2O$. Это приводит к уменьшению в твердой фазе удельного содержания P_2O_5 , которое тем не менее остается весьма значительным, намного превышая количество P_2O_5 в фосфогипсовых осадках, образующихся при перекристаллизации ПГ→Г в отсутствие Al_2O_3 .

Характер изменения концентрации ионов кальция и свободной серной кислоты в жидкой фазе позволяет предложить механизм гидратации полугидрата в фосфорнокислых растворах при наличии в них соединений алюминия.

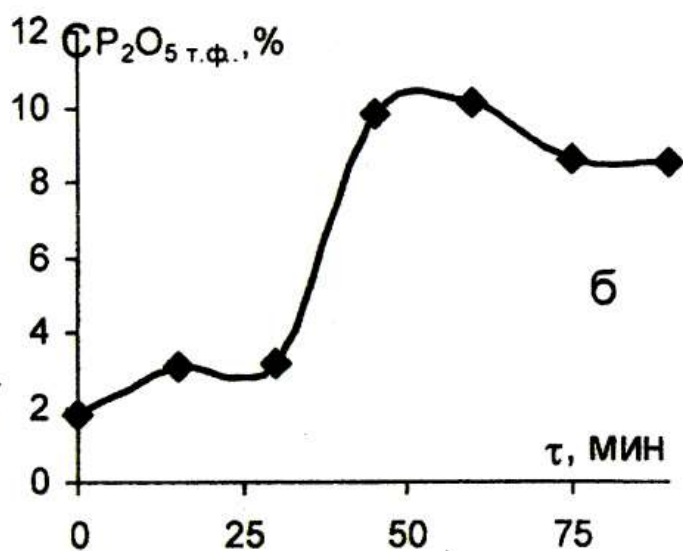
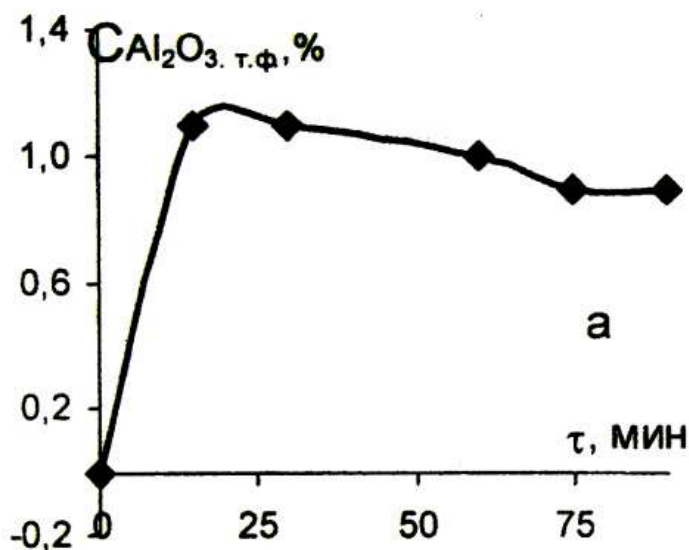


Рис. 3.13 - Изменение состава твердой фазы во времени при гидратации полугидрата в фосфорной кислоте с исходным содержанием P₂O₅ и Al₂O₃ соответственно, %: 15 и 2

Начальное увеличение содержания в маточном растворе концентрации CaO связано с растворением CaSO₄·0,5H₂O и созданием пересыщенного раствора по отношению в первую очередь к CaHPO₄, растворимость которого в отличие от CaSO₄·2H₂O в присутствии AlPO₄ резко понижается. Кристаллизация дикальцийфосфата и его оводнение до CaHPO₄·2H₂O, кристаллическая структура которого изоморфна фосфогипсу, благодаря чему он может играть роль центра гетерогенного зародышеобразования для CaSO₄·2H₂O, способствует осаждению дигидрата сульфата кальция. При этом концентрация CaO в жидкой фазе понижается, а содержание H₂SO₄своб возрастает благодаря образованию CaHPO₄·2H₂O, при котором связывается часть ионов Ca²⁺.

1677191

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
БІБЛІОТЕКА

РІВЕНЬ ПОКАЗНИКІВ БУФЕРНОСТІ ГРУНТІВ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД АКТУАЛЬНОЇ КИСЛОТНОСТІ

А.Г. Аблеев, А.А. Карабаза, Л.И. Марченко

Інтенсивне підкислення ґрунту, яке ми спостерігаємо вже понад 10 років, є однією із основних проблем наших землеробів. Кислотність ґрунту, яка буває актуальною чи потенційною, виникає завдяки наявності йонів H^+ у ґрунтовому розчині та поглинаючому комплексі. Чинником, відповідальним за появу актуальної кислотності, вважається недостача у ґрунті речовин, здатних нейтралізувати кисле середовище, що утворюється за рахунок дисоціації вугільної та інших водорозчинних кислот, а також гідролітично кислих солей. Висока чутливість та уразливість ґрунтового покриву зумовлені обмеженою буферністю. Чим більше в ґрунтовому розчині солей сильних основ і слабких кислот, тим більше буферна дія ґрунту відносно кислих добрив.

З метою вивчення буферних властивостей місцевих ґрунтів проводили дослідження на окремих зразках, відібраних та підготовлених згідно із стандартними методиками. Досліджувалися ґрунти наступних видів: чорнозем типовий середньо суглинковий (№1); чорнозем типовий глинистий (№2); світло-сірий підзолистий ґрунт (№3); чорнозем карбонатний (№4). До приготовленої ґрунтової суспензії додавали порціями по 5 мл розчини 0,02н HCl чи 0,02н NaOH – залежно від мети кожного окремого дослідження. Після кожного додавання суспензію ретельно перемішували 5 хв, відстоювали одну годину та вимірювали значення рН на йонометрі універсальному ЕВ-74.

На основі одержаних даних обчислювали буферні ємності ґрунтів за кислотою та лугом відповідно до формул:

$$B_k = \frac{C_N \cdot V_k \cdot 1000}{V_{буф} \cdot (pH_0 - pH_1)}; \quad B_{луг} = \frac{C_N \cdot V_{л} \cdot 1000}{V_{буф} \cdot (pH_0 - pH_1)}$$

Як видно при порівнянні результатів (рис.3), найкращі буферні властивості як за кислотою, так і за лугом виявляє ґрунт №3.

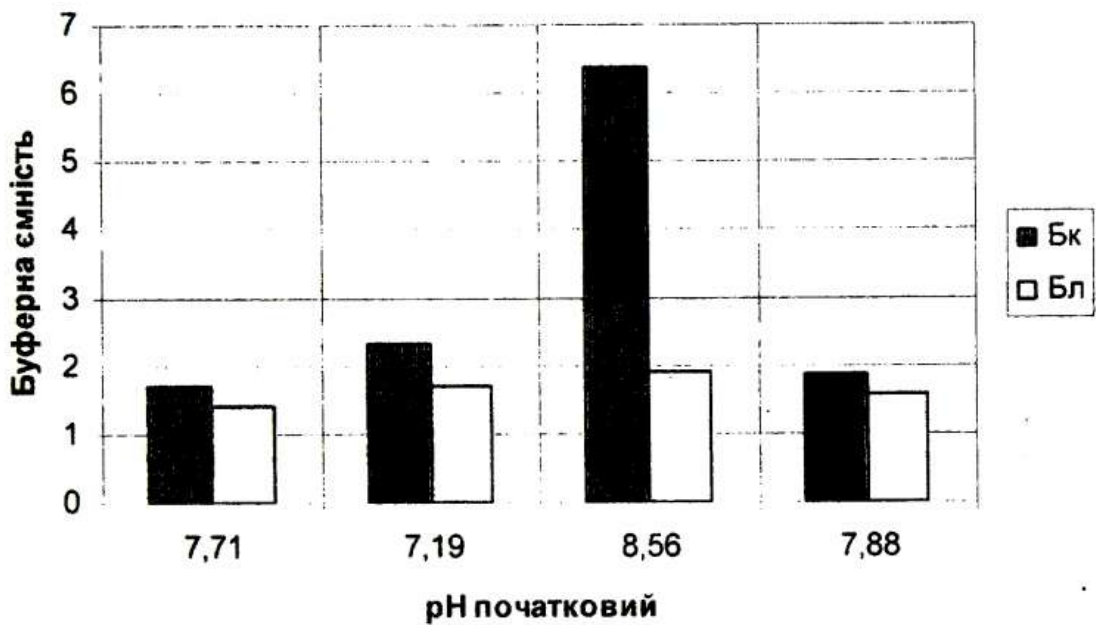


Рис.3 Буферна ємність ґрунтів за кислотою (Вк) та лугом (Вл).

Решта зразків характеризуються приблизно однаковими показниками буферності у межах (моль/л): 1,40-1,70 – за лугом та 1,68-2,33 – за кислотою.

Оскільки відомо, що буферність ґрунтів залежить від ємності поглинання, складу ґрунтових колоїдів і наявності в ґрунтовому розчині буферних сумішей, наприклад гідрокарбонатів кальцію, магнію та глинистих мінералів, на основі проведених досліджень стає можливим прогнозування буферних властивостей різних ґрунтів, базуючись на лабораторних аналізах актуальної кислотності. Досить високі значення водневого показника ґрунтової суспензій (рН >8) наявно свідчать про непогані буферні властивості. Однак для повної характеристики ґрунту важливо знати не тільки величину його кислотності, але й співвідношення між кислотністю та поглиненими катіонами, а саме: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , додавання яких складає загальну ємність поглинання ґрунту. Багаті перегноем суглинні ґрунти, які характеризуються високим ступенем насиченості основами та високої буферністю, здатні добре протистояти впливу зовнішніх факторів, що змінюють реакцію ґрунту. Тому внесенням органічних та мінеральних колоїдів (глинистих мінералів) можна значно покращити буферні властивості ґрунтів.

Розв'язання важливішої екологічної проблеми щодо охорони ґрунтів потребує комплексного підходу і значних витрат. Без участі держави таку справу вирішити майже неможливо. Тим більше, що це питання не лише сьогодення, а й майбутнього. Оскільки якщо вичерпається нафта і газ, вугілля і залізна руда, їм знайдуться альтернативні види палива, але нема альтернативи національному ґрунту та його життєдайній силі – родючості.

ВОДОРОЗЧИННІ ПОЛІМЕРИ – НОВИЙ ЕТАП РОЗВИТКУ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ ТЕХНОЛОГІЙ

М.С. Курочка, А.Н. Корниенко

Полімери є одним з найбільш перспективних класів матеріалів, які використовуються людиною. Застосування полімерних матеріалів інтенсивно поширюється практично у всіх галузях виробництва. У результаті різко збільшуються обсяги виробництва і споживання полімерів і швидкими темпами йде створення нових типів таких матеріалів.

Важливою областю полімерної хімії є водорозчинні полімери, які характеризуються специфічними властивостями і мають широкі перспективи практичного використання.

На теперішній час інтенсивно розвивається область хімії високомолекулярних сполук, пов'язана з синтезом та дослідженням біологічно активних полімерів. Біологічно активні полімери у порівнянні з низькомолекулярними лікарськими і біологічно активними речовинами забезпечують продовження термінів дії лікарських речовин в організмі, зниження токсичності лікарських і біологічно активних речовин, зміну розподілу лікарських речовин у тканинах живого організму, спрямований транспорт лікарських і біологічно активних речовин до мішені дії в організмі. Синтетичні біологічно активні полімери одержують як методом сополімеризації гідрофільних вінілових мономерів з неграничними похідними лікарських речовин, так і взаємодією реакційноздатних гідрофільних полімерів-носіїв з лікарськими речовинами з утворенням хімічних зв'язків полімер - лікарська речовина різного типу. Другий метод синтезу біологічно активних полімерів одержав найбільше поширення, тому що в цьому випадку можуть бути використані готові лікарські речовини, які випускаються промисловістю, і тоді основною проблемою стає розробка придатного полімеру-носія.

ВСТАНОВЛЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДОВИХ РОЗЧИНУ ДЛЯ АНАЛІЗУ НА РЕЗУЛЬТАТ ВИЗНАЧЕННЯ РЗЕ У ВІДХОДАХ ПІДПРИЄМСТВА «СУМИХІМПРОМ»

О.В. Ярмак, О.Ю. Мараховська

З метою визначення оптимальних шляхів переробки відходів є доцільним дослідження поведінки сполук лантану в залежності від складу лантанвмісних відходів.

Для проведення досліджень використовували базовий розчин оксиду лантану у хлоридній кислоті. Були проведені дослідження впливу складу розчину на спектрофотометричне визначення комплексу лантану з арсеназо III, а саме вплив рН середовища на максимум поглинання у водних та водно-органічних розчинах арсеназо III.

Результати експериментів представлені у вигляді залежності оптичної густини комплексу (La – арсеназо III) від складу розчину (вода – HCl : органічна речовина) при різних значеннях рН. У якості органічної складової використовували ацетон, етиловий спирт та гліцерин у кількості 60% розчину.

Спирт та ацетон зміщують інтенсивність поглинання у короткохвильову частину спектру, а гліцерин – у довгохвильову область. Для визначення вмісту гліцерину, при якому можна спостерігати виявлений ефект, проведено дослідження серії розчинів з моделюванням вмісту гліцерину.

Отримані результати свідчать про те, що гліцеринова складова суттєво впливає на комплексоутворення та починає сприяти зміщенню максимуму оптичної густини у кислотному середовищі, у тому випадку, коли частка гліцерину перевищує 50%.

Оскільки відомо, що іонна сила розчину може впливати на комплексоутворення, а основним металом, який присутній у відходах є кальцій, було встановлено вплив Ca^{2+} на оптичну густину та максимум поглинання комплексу лантан – арсеназоIII.

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ ВИЗНАЧЕННЯ ТИТАНУ В ЧОРНИХ ШЛАМАХ ВИРОБНИЦТВА ОКСИДУ ТИТАНУ(IV) СУЛЬФАТНОКИСЛИМ СПОСОБОМ

О.О. Гурченко О.В.Павленко

На долю титану приходить 0,22% від загального числа атомів земної кори. Однак титан, вміст якого в земній корі в атомних відсотках більше, ніж карбону, відноситься до розсіяних елементів. Родовища, що містять титан у досить концентрованому виді, рідкі.

Актуальною задачею є визначення концентрації титану у відходах виробництва оксиду титану(IV) підприємства "Сумихімпром".

У результаті літературного пошуку була підібрана методика, а саме пероксидний метод. Титан утворює з пероксидом гідрогену в кислому середовищі жовто- жовтогарячий комплекс $[\text{Ti} \cdot \text{H}_2\text{O}_2]$, що давно використовується для фотометричного визначення елемента. Метод досить простий і виборчий. Найбільш придатним середовищем для взаємодії титана

з пероксидом гідрогену є сульфатнокислі розчини (у межах 1,5 - 3,5н. H_2SO_4). Сполуки феруму - звичайні домішки до титану - можна маскувати фосфорною кислотою.

Дослідження проводилися фотометричним методом при визначеній довжині хвилі 440 нм.

Середнє значення вмісту титана у відходах склало близько 24%.

З урахуванням вищевикладеного, можна сказати, що відходи виробництва оксиду титану(IV) можна вважати сировиною для одержання титану.

Наступною стадією дослідження може стати перевірка точності визначення даним методом. Так само можна говорити про перспективність розробки технології вилучення титану з відходів

ДОСЛІДЖЕННЯ МОЖЛИВОСТІ РОЗДІЛЕННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ ОРГАНІЧНИХ ДОМІШОК У ШЛАМІ ВИРОБНИЦТВА ГІДРОХІНОНУ

З.М. Макарова, Ю.А. Скопенко, О.В. Павленко

У зв'язку зі збільшенням масштабів промисловості, ростом цін на сировину і жорсткістю вимог екології, потребує уваги можливість регенерації оксиду мангану з твердих відходів виробництва гідрохінону Шосткинського заводу хімічних реактивів. Однією з характерних рис даного шламу є присутність у його складі до 5 % органічних домішок.

Було проведено дослідження можливості розділення та ідентифікації органічного складу шламу з метою визначення ефективних методів його комплексної переробки.

В експерименті був використаний метод колоночної осадової хроматографії на оксиді алюмінію. В результаті розділення було отримано три речовини яскравого кольору. Отримані речовини були досліджені методами ІЧ-спектроскопії та ПМР.

Усі три ІЧ-спектри мають виражену смугу у діапазоні $3000-2800\text{ см}^{-1}$ та смуги у діапазонах $1500-1300\text{ см}^{-1}$. Спектри ПМР досліджуваних речовин також мають характерні смуги РРМ при 1.1, 1.2, 0.84 та 0.72.

За цими даними можна зробити попередні висновки про присутність функціональних груп та особливості будови, які характерні для аліфатичних сполук. Враховуючи вихідні речовини шламу, такі як хінони та гідрохінони, ми можемо припустити розщеплення хінонного кільця та утворення кольорових комплексних сполук з металами присутніми у шламі, такими як манган та ферум. Однак через недостатність експериментальних даних ми не можемо бути впевнені у достовірності цього припущення. Для уточнення та

перевірки отриманих висновків необхідно провести ряд додаткових досліджень.

ДОСЛІДЖЕННЯ ЩОДО ВПЛИВУ рН СЕРЕДОВИЩА НА СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ КОМПЛЕКСІВ ЛАНТАНУ З АРСЕНАЗО ІІІ.

О.О. Махненко, О.Ю. Мараховська

Лантаноїди є особою групою східних між собою за властивостями елементів, які важко відокремлюються один від іншого. У розчинах лантан та лантаноїди знаходяться у вигляді стійких іонів La^{3+} , які мають спектри поглинання з дуже різкими смугами в ультрафіолетовій, видимій та інфрачервоній областях. Для їх визначення широко використовують фотометричні методи аналізу. Трьохвалентні РЗЕ характеризуються слабкими хромофорними властивостями, тому всі чутливі фотометричні методи засновані на визначенні їх з застосуванням забарвлених реагентів. Арсеназо ІІІ має найбільшу чутливість серед відомих у теперішній час реагентів.

Був проведений ряд експериментів з вивчення впливу рН середовища на спектри арсеназо ІІІ, а також на комплексоутворення лантану з арсеназо ІІІ.

Відомо, що рН оптимального комплексоутворення лежить у кислому середовищі, що сприяє вибірковості реакції. Досліджена поведінка реагенту в залежності від рН при значеннях довжини хвиль 400, 440, 490, 540, 590, 670 нм.

Результати досліджень підтверджують, що власне поглинання арсеназо ІІІ суттєво залежить від рН розчину. При рН=1-2 не відбувається зміщення максимуму поглинання (~540 нм), при рН=3 спостерігається зміщення у бік довгохвильової області, що практично виключає застосування арсеназо ІІІ при значеннях рН > 3 для визначення лантану.

Отримані результати свідчать про те, що починаючи з рН =2,4 максимум поглинання зсувається у бік довгих хвиль та залишається незмінним при більших значеннях рН, що свідчить про утворення комплексу лантану з реагентом.

ЗАСТОСУВАННЯ ПЛІВКОВИХ ОКСИДІВ ВАНАДІЮ У СЕНСОРАХ

О.Г. Літвінов, Д.А. Штупун, А.М.Шкіра

В наш час на зміну електромеханічним і електровакуумним пристроям прийшли твердотілі елементи та прилади. При цьому все ширше використовуються плівкові матеріали як чутливі елементи датчиків. Це пов'язано із тим, що плівкові матеріали більш чутливі до дії зовнішніх факторів (температура, тиск, механічні напруження, магнітне поле) у порівнянні з масивними матеріалами.

Одним із варіантів такого датчика є датчик критичної температури. Чутливим елементом виступає плівка матеріалу, в якому має місце фазовий перехід II роду типу метал-напівпровідник (діелектрик) (наприклад, VO_2 , V_2O_3 , NiS).

У кристалах VO_2 в інтервалі температур 340-345 К відбувається фазовий поліморфний перехід від низькотемпературної фази з моноклінною решіткою до високотемпературної тетрагональної, який супроводжується фазовим переходом II роду напівпровідник - метал. У результаті переходу питомий опір зменшується на 3-4 порядки при товщині $d \approx 1000$ нм і на один порядок при $d \approx 100$ нм, хоча $T_{кр}$ і її гістерезис від товщини не залежить. Така поведінка електричного опору плівки VO_2 дозволяє використовувати її як терморезистор у схемі ефективного теплового захисту при частих перепадах температури.

Метою даної роботи є вивчення переходу метал-напівпровідник у плівкових зразках на основі V_2O_3 .

Проведені дослідження носять попередній характер і тому неможливо зробити висновок відносно надійності терморезистора із VO_2 при багатократному термоциклюванні. Потребує також додаткового дослідження вплив товщини плівки на температурний інтервал і гістерезис переходу метал-напівпровідник.

ОТРИМАННЯ ПЛІВКОВИХ ПОЛІМЕРНИХ ПОКРИТТІВ У ВАКУУМІ ТА ЇХ ВЛАСТИВОСТІ

О.О. Махненко В.А. Роботько А.Г.Басов

Полімерні матеріали на сьогоднішній день мають дуже широке використання завдяки широкому спектру унікальних властивостей: від діелектриків до матеріалів з високою провідністю; матеріали з низьким коефіцієнтом тертя; стійкі в агресивних середовищах. Комбінація таких властивостей тонких плівок відкриває дуже великі перспективи в техніці.

Техніко-економічні характеристики вакуумних плівок вище за характеристики покриттів отриманих іншими способами, тому важливим для проведення експериментальних робіт є володіння технологіями отримання вакууму.

Аналіз літературних даних з теми дослідження свідчить що для отримання тонких полімерних плівок придатні такі методи: термічне випаровування полімерів, катодне розпилення полімерів у вакуумі, іонно-плазменне розпилення. Але існує вимога до контролю температури полімеру, оскільки при перевищенні деякої температурної межі полімер руйнуватися в об'ємі. Моніторинг температури випарника можна проводити шляхом контролю за потужністю випарника при термічному напыленні, але це складно. На основі аналізу результатів даної роботи можна зробити висновок що доцільніше використовувати ті методи, в яких відбувається нагрів виключно поверхневих шарів матеріалу. Катодне розпилення на нашу думку найкращий з цих методів. Тому проведення подальших експериментальних досліджень в нашому випадку, мабуть, доцільно проводити з використанням цього методу.

Техніко-економічний аналіз процесів нанесення тонких плівок і покриттів у вакуумі, показує, що вакуумна технологія досить економічна по багатьом напрямкам.

ОТРИМАННЯ ПОХІДНИХ ПОЛІЕТИЛЕНГЛІКОЛЮ З МОДИФІКОВАНИМИ ФУНКЦІОНАЛЬНИМИ ГРУПАМИ.

Т.В. Романюк, О.В. Ярмак, А.Н. Корниенко

З метою вивчення можливості утворення водорозчинних полімерів з модифікованими функціональними групами була проведена хімічна модифікація поліетиленгліколю. Вибір саме цього полімеру заснований на тому, що він легко доступний, розчинний як в органічних, так і в неорганічних розчинниках; малотоксичний.

Недоліком поліетиленгліколю є те, що хімічна активність його кінцевих гідроксильних груп недостатня для того, щоб замінити їх на біологічно активні речовини в м'яких умовах. Для того щоб зробити реакцію можливою, необхідно кінцеві функціональні групи поліетиленгліколю зробити більш активними (модифікувати).

Вибір був зроблений на користь окиснювання гідроксильних груп поліетиленгліколю в карбоксильні перманганатом калію в ацетоні. Окиснювання проводилося перманганатом калію в ацетоні за реакцією:



Якість окиснення можна контролювати за результатами кислотно-лужного титрування отриманої сполуки за пропонованою нами формулою:

$$M_{\text{NaOH}} = 0.75 \cdot M_{\text{KMnO}_4}$$

Де M_{NaOH} – кількість молей лугу, витраченого на титрування поліетиленгліколькарбонової кислоти

M_{KMnO_4} кількість молей перманганату, витраченого на титрування поліетиленгліколю

В ході дослідів було отримано речовину жовтувато-білого кольору, яка має слабкий характерний запах жирної кислоти. В результаті дослідження була доведена можливість утворення нових матеріалів методами окиснення водорозчинних полімерів.

РІДКОЗЕМЕЛЬНІ ЕЛЕМЕНТИ: НЕЗАМІННІСТЬ І АКТУАЛЬНІСТЬ

Л.Н. Якимович О.Ю. Мараховська

Незважаючи на те, що рідкоземельні елементи (РЗЕ) дуже мало поширені в земній корі, вони знайшли широке застосування в промисловості, техніці і металургії.

Лантаноїди "забирають" з металу оксидні домішки, зв'язують і виводять сірку, сприяють переходу графіту в глобулярну форму. Їх додають у сталь різних сортів в основному у вигляді сплаву з залізом (фероцерій), або у вигляді мишметалу (49,5 - 65% Се, до 44% La, Pr, Nd, 4,5 - 5% Fe, 0,5% Al і ін.). ця добавка працює як сильний роскислювач, чудовий дегазатор і десульфатор. Лантаноїди застосовуються для виготовлення акумуляторних батарей, що перезаряджаються, люмінофорів, магнітів, каталізаторів.

Світове споживання рідких земель у 1970 - 2000 р. у середньому збільшувалося приблизно на 5% у рік. У найближчі два-три роки, за умови відновлення таких великих ринків збуту рідких земель, як виробництво телекомунікаційного устаткування і комп'ютерів, світовий попит на рідкі землі за прогнозами буде рости на 4-9% у рік, і в 2006-2007 р. уперше може перевищити рівень у 100 тис. т у рік (на суму \$ 10-12 млрд.).

Найбільша частина світових економічних ресурсів рідкоземельних елементів укладена в бастнезитових родовищах на території Китаю і США. В Україні також є невеликі родовища в Жовтих Водах і Михайлівським.

У зв'язку з тим, що РЗЕ часто накопичуються у відходах хімічної і металургійної промисловості питання вилучення їх з фосфогіпсів і металургійних відвалів, у яких вони є присутніми у кількості 1-2%, викликає великий інтерес дослідників. Отже вивчення способів вилучення РЗЕ з відходів є одним з актуальних і доцільних питань.

**ТЕХНОЛОГІЯ
МАШИНОБУДУВАННЯ**

РАСЧЕТ ИЗГИБА ОРЕБРЕННЫХ ТРУБ ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛООБМЕНА

А.И. Ремнев

Для получения качественного изгиба трубы ее на участке изгиба нагружают осевой силой (осевое осаживание) превышающей предел текучести материала трубы. Осевое сжатие оребренной трубы обеспечивают с помощью пневмоцилиндров. Оптимальное осевое усилие относительно нейтрального сечения оболочки трубы, передаваемое штоком пневмоцилиндра, определяют экспериментальным путем. При назначении режимов для трубогибочного оборудования необходимо определить значение требуемого изгибающего момента в зависимости от известных параметров труб (геометрических размеров и предел текучести материала трубы, модуль упругости и радиуса изгиба и др. параметров). Если принять для упрочненного материала оребренной трубы условную диаграмму напряжения-деформации в поперечном сечении оребренной трубы, то можно получить с высокой степенью точности формулу для определения изгибающего момента. Для наглядности оребренная труба в плоскости изгиба повернута. По горизонтали отложены расстояния волокон металла трубы от нейтрального слоя и соответствующие им деформации, а по вертикали – нормальные напряжения в сечении оребренной трубы.

Введем следующие обозначения: y – текущая координата точки, лежащей на средней линии поперечного сечения оребренной трубы, мм; y_T – координата границы пластической зоны оребренной трубы, мм; M_T – изгибающий момент, соответствующий началу пластической деформации, Н·м; ω_T – центральный угол границы упругой зоны поперечного сечения оребренной трубы, в градусах; R_1 – средний радиус трубы без учета оребрения $R_1 = \frac{D_H - d_{mn}}{2}$, мм; R_2 – средний радиус трубы с учетом оребрения

$$R_2 = \frac{D_H - d_{mn}}{2}, \text{ мм}.$$

Из условия равновесия изгибающий момент равен моменту внутренних сил, поэтому $M = \int_{F_{ym}} \sigma_{ym} y dF + \int_{F_{no}} \sigma_{no} y dF$:

При расчете изгибающего момента суммарный изгибающий момент представим как сумму изгибающих моментов для гладкой трубы и оребрения, с учетом количественной характеристики каждой составляющей.

$$M = \frac{s}{4\Delta} \cdot \sigma_m \cdot \times \frac{2 \cos \omega_m \cdot E \sin \omega_m + 2E\omega_m + \pi E_1 - 2 \cos \omega_m \cdot E_1 \sin \omega_m - E_1 \omega_m}{E \sin \omega_m} \times \\ \times (D_{mn}^2 \cdot \delta_1 + D_H^2 \cdot \delta_2 \cdot K_{n,2})$$

Коэффициент подкрепляющего эффекта $K_{n,2}$ оребренной трубы у основания ребра, вызванный наклепом ребер при их накатке, получен экспериментально.

Известно, что при изгибе труб сталкиваются со значительными трудностями при изгибе труб с минимальным и минимально возможным радиусами изгиба. Оребренные монометаллические трубы без разработки надежной технологии изгиба, не могут быть получены известными методами и поэтому на уровне изобретения предлагается новая технология изгиба монометаллических и биметаллических оребренных труб.

При бездорновом изгибе оребренных монометаллических труб как с минимально возможным радиусом изгиба при наличии ребер так и с радиусом изгиба равным радиусу оребренной трубы необходимо учитывать силы, которые воздействуют на трубу в процессе изгиба, а также силы, которые обеспечивают возможность получения качественного изгиба с требуемыми параметрами.

Определим значение силы P по аналогии, имеем $P = p \cdot F_{p.n.p.}$, где $F_{p.n.p.}$ – площадь поверхности ребер, мм.

$$\text{Используя формулу (30) имеем } F_{p.n.p.} = \frac{1}{2} \sqrt{(\pi \cdot D_H)^2 + S^2} \cdot N \cdot \Delta.$$

В формуле $1/2$ соответствует охвату только половине поверхности оребренной трубы зажимным элементом. Эта формула пригодна для вычисления площади контакта ребер с различными профилями зубьев зажимных губок.

При воздействии силы для фиксации оребренной трубы до ее изгиба за счет смятия вершин ребра $l_{ср} = 2 \dots 3$ мм и по сравнению с радиусом изгиба при $\Delta \ll R_0$, то в этом случае в расчетах принимаем плечо равное радиусу изгиба R_0 . Тогда сила определяется $P = p \cdot \frac{1}{2} N \cdot \sqrt{(\pi \cdot D_H)^2 + S^2} \cdot \Delta$.

Рассмотрим теперь действие сил в статике. Труба закреплена в точке А. Сумма моментов должна равняться нулю $\sum M = 0$. Тогда имеем $Q_1 Q - PR_0 + 2Q_2 R_0 = 0$. Учитывая, что $Q_1 = Q_2 = Q$, имеем $PR_0 + 2QR_0 = 0$; $PR_0 = 2QR_0$; $P = 2Q$;

$$p \cdot \frac{1}{2} N \cdot \Delta \cdot \sqrt{(\pi \cdot D_H)^2 + S^2} = 2 \cdot \frac{\pi \cdot q}{4} \cdot (d_H^2 - d_{BH}^2).$$

Тогда усилие при изгибе оребренной трубы определяется

$$P = \frac{\pi \cdot q \cdot (d_H^2 - d_{BH}^2)}{N \cdot \sqrt{(\pi \cdot D_H)^2 + S^2} \cdot \Delta}.$$

Предложенная технология изготовления изгиба изделий и методология расчета защищена патентами Российской Федерации.

Таким образом, разработанная методология расчета позволяет производить необходимые расчеты для определения основных параметров технологического процесса изгиба оребренных труб. Предложенная технология изгиба оребренных монометаллических и биметаллических труб, позволяет получать качественные изгибы при минимальном и минимально возможном радиусах изгиба трубы.

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА СОЕДИНЕНИЙ ТРУБА-РЕШЕТКА ПО ДИАГРАММАМ ДЕФОРМИРОВАНИЯ

*Н.Д. Тутов (Курский государственный технический университет),
А.И. Ремнев, С.В. Панченко, Л.И. Старцева*

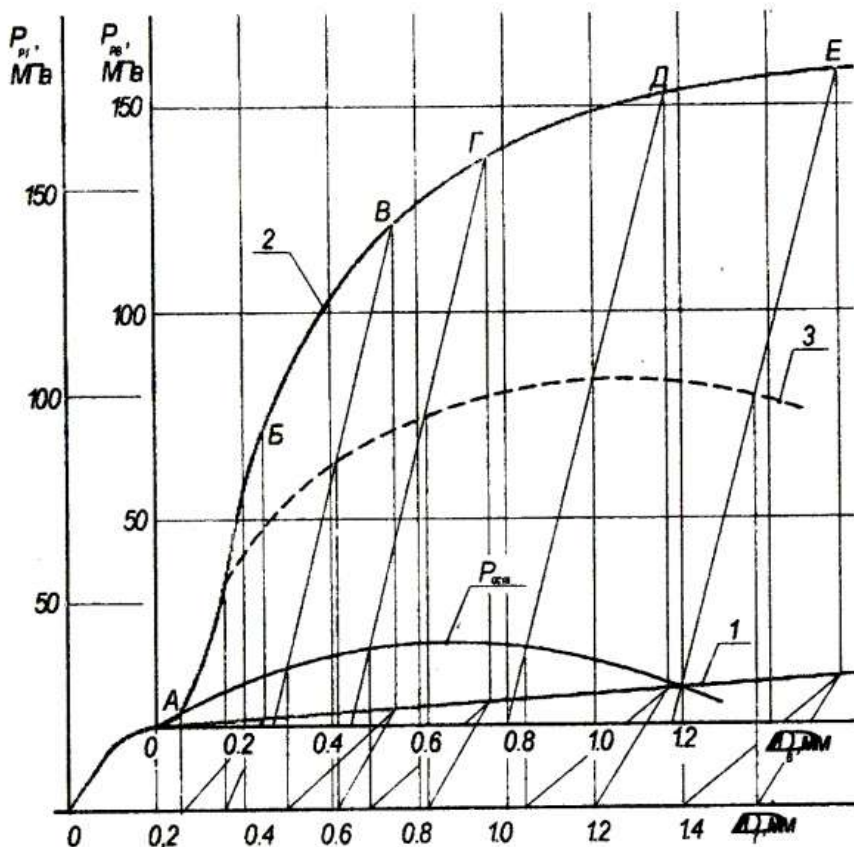
Из патентно-лицензионных источников известно, что качественные показатели соединения труба – решетка (Т-Р) систем теплообмена (СТ) по герметичности и прочности, полученными различными способами, в первую очередь зависят от остаточного напряжения (давления) между его контактирующими поверхностями. Соединения, полученные по технологии крепления Т-Р осевым деформированием (это касается и других механических способов), не имеют приемлемых методологий расчета или экспериментального определения напряженно – деформированного состояния (НДС) соединения Т-Р. Не изученность этих вопросов оказывает существенное влияние на качество соединений Т-Р для СТ, которое в основном, сопровождается разгерметизацией соединений, что является причиной выхода из строя СТ в целом. Учитывая эти факторы, предлагается новая методология определения остаточных напряжений в соединениях Т-Р по диаграммам деформирования [4], полученных на натуральных образцах.

Изучению рассматриваемого вопроса посвящено ряд работ, в которых изложена методология экспериментального определения НДС и других факторов, влияющих на процесс формирования соединения Т-Р. Совмещенная диаграмма НДС соединения Т-Р приведены на рисунке. Проверку достоверности, полученных результатов по диаграммам деформирования, производили для конкретной пары Т-Р с измерением остаточных давлений (напряжений) в сопрягаемых элементах соединения с помощью тензодатчиков.

Для оценки НДС соединений Т-Р предложена математическая модель расчета соединения с натягом, методом конечных элементов с использованием численного метода решения задачи механики сплошных сред, данные которой, сравнены с методологией определения остаточных напряжений в соединении Т-Р по диаграммам деформирования, полученным экспериментальным путем. Последовательность выполнения исследований соответствует методике проведения эксперимента, которая использует гидростатическую модель процесса деформирования соединения Т-Р по аналогичному технологическому процессу сборки соединений Т-Р способом осевого деформирования. Предлагаемая методология позволяет с минимальными затратами получить объективную картину возможных характеристик узла крепления труба - эквивалентная втулка, то есть соединения Т-Р. Для осуществления технологического процесса нагружения и разгружения образцов, предложена принципиально новая схема гидростатического нагружения с использованием полиуретановых стержней

и втулок. Полиуретановые стержни изготавливались диаметром равным внутреннему диаметру трубы, которые предварительно подвергались осевому сжатию (30-35%) на лабораторном прессе для снятия диаграммы нагрузки и разгрузки.

Рисунок - Зависимость радиального давления $P_{p.m.}$ и $P_{p.в.}$ от приращения диаметров ΔD_1 и ΔD_2 для трубы $\varnothing 10 \times 1$ мм из АМцН и эквивалентной втулки из стали 20: 1 - труба; 2 - эквивалентная втулка; 3 - кривая равновесия при совместной разгрузке трубы и втулки; $P_{ост}$ - остаточное давление в соединении после разгрузки; А-Д - характерные точки нагрузки и разгрузки соединения



По результатам обработки массива экспериментальных данных, получены совмещенные диаграммы НДС для различных типоразмеров соединений Т-Р (см. рис.). Приведены сравнительные характеристики остаточных давлений в соединении по диаграммам деформирования, с помощью конечно-элементной математической модели для соединения Т-Р (метод конечных элементов) и с помощью тензодатчиков, расположенных в сопрягаемых элементах соединения Т-Р. Сравнение результатов по экспериментальным данным свидетельствует о том, что данная методология определения НДС соединения Т-Р по совмещенным эталонным диаграммам, позволяет получить полную картину процесса формирования соединения Т-Р, получаемых любыми механическими способами. При этом значения, всех характерных точек диаграммы близки к истинным значениям, для конкретных соединений Т-Р.

Таким образом, данная методология, определения НДС позволяет с минимальными затратами получить достоверную картину возможных свойств соединения Т-Р и определить возможности конкретной пары соединения Т-Р, устанавливая при этом рациональные технологические режимы, обеспечивающие максимально достижимые показатели качества по герметичности и прочности сформированных соединений Т-Р.

РАСЧЕТ ОДНОСЛОЙНЫХ И МНОГОСЛОЙНЫХ ТРУБНЫХ РЕШЕТОК ДЛЯ СИСТЕМ ТЕПЛООБМЕНА

*Н.Д. Тутов (Курский государственный технический университет),
А.И. Ремнев*

Для оценки качества соединений труба-решетка (Т-Р), при закреплении в тонкой трубной решетке (ТТР) труб механическим способом, необходимо разработать методику расчета ТТР с учетом изгиба каждой перемычки между отверстиями в ТТР. Это позволит исследовать НДС ТТР и обосновать ее толщину с учетом конструктивно-технологических особенностей соединения Т-Р с учетом геометрических размеров профилей многослойных ТТР, нанесения пленок и покрытий. Целесообразно расчетную модель ТТР принять в виде стержневой конструкции – балочной сетки. Вид такой стержневой конструкции должен соответствовать схеме расположения отверстий в ТР и получаться при замене перемычек между отверстиями – балками, работающими на изгиб из плоскости пластины.

Определенные трудности вызывает использование дифференциальных уравнений изгиба сплошных пластин для конструкции, аппроксимирующей реальную ТТР в системах теплообмена (СТ) и представленной в виде балочной сетки. Она может иметь различные пересечения балок в зависимости от схемы расположения отверстий в ТТР. Поэтому здесь использован матричный метод расчета стержневых конструкций, наиболее удобный для расчета на ЭВМ. Для стержневых систем (балок) роль конечных элементов определяют отдельные стержни, которые достаточно просты, и НДС которых может быть описано для различных профилей поперечного сечения ТТР. Это упрощает учет возможных конструктивно-технологических особенностей соединения трубы в ТТР как для однослойных так и для биметаллических и многослойных ТТР для СТ.

При замене перфорированной пластины балочной сеткой нет необходимости в определении приведенных упругих параметров пластины, так как для рассматриваемых в расчете балок модуль упругости их материала соответствует значению для материала ТТР. Примем, что при малых прогибах ТТР срединная плоскость после деформации не растягивается, а только изгибается, т. е. балки работают на изгиб из плоскости пластины и не воспринимают крутящих моментов. Поскольку расчетная модель не учитывает растяжения срединной плоскости, то необходимо следить за тем, чтобы прогибы ТТР не превышали допустимых значений, за пределами которых использование полученных результатов приводит к значительным погрешностям. Хорошее совпадение теоретических выводов с экспериментальными замерами отмечается при соблюдении следующего соотношения между прогибами и толщиной ТТР: $w \leq \frac{1}{4}h$. При расчете ТТР

необходимо производить замену перфорированной пластины балочной сеткой и учитывать соотношение между прогибами и толщиной ТТР, что позволит произвести оценку НДС для ТТР.

Из условия нагрузки ТТР будем считать, что в общем случае ТТР в СТ нагружена давлением рабочих сред трубного и межтрубного пространства и усилиями, вызванными тепловой разностью этих сред. Алгебраическую сумму этих осесимметричных нагрузок будем рассматривать как равномерно распределенных по поверхности ТТР. Эти же нагрузки вызывают упругую деформацию основания, роль которого обеспечивает трубный пучок СТ. Учитывая характер деформации ТТР (в противном случае приходится говорить не столько о прочности элементов СТ, сколько о прочности их соединения Т-Р), где трубы растягиваются - сжимаются, что вызывает реактивные нагрузки. Условие совместности деформации труб и ТТР позволяет сделать вывод о пропорциональности реакции трубного пучка деформации ТТР. Обычно реакция трубного пучка записывается в виде распределенной по поверхности ТТР реактивной нагрузки: $q_1 = k_1 \cdot W$, где k_1 – коэффициент постели, Н/м³; W – прогиб ТР, м.

Сделанные допущения являются обычными для подобного рода задач. При замене ТТР балочной сеткой, с учетом перечисленных замечаний, примем: высота балок равна толщине ТТР; длина балок определяется в зависимости от конкретного расположения отверстий в ТТР; число обобщенных взаимных перемещений равно количеству узлов балочной сетки; внешние силы приложены в узлах балочной сетки (соответственно распределенная нагрузка в соединении Т-Р будет приводиться к узловой нагрузке); обобщенными взаимными перемещениями будут вертикальные смещения узлов, которые являются прогибами ТТР в узлах балочной сетки; внутренними силами являются изгибающие моменты в сочетаниях балок, примыкающих к соответствующим узлам; положительными будут моменты, растягивающие нижние волокна балок. Матрица уравнений равновесия A для балочной сетки, аппроксимирующей ТТР, формируется, как в методе стержневой аппроксимации сплошных пластин, путем составления статических уравнений равновесия, связывающих внутренние и внешние силы методом вырезания узлов.

Решение системы уравнений дает искомое значение прогибов ТР в узлах балочной сетки с учетом упругой податливости трубного пучка. При расчете ТР на прочность с учетом работы упругого основания необходимо определить значения моментов в узлах балочной сетки. С целью определения вектора \bar{M}^* представим систему уравнений как $L_0 \bar{W} = \bar{Q}$. Тогда, изгибающие моменты в узлах балочной сетки могут быть найдены по формуле $M^* = B^{-1} \times A^T \times L_0^{-1} \times \bar{Q}$. Зная вектор \bar{M}^* , можно определить максимальное значение изгибающего момента в каком-либо узле, а затем выполнить расчет на прочность узла крепления трубы с ТТР.

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ДЕФОРМАЦИЙ И УСИЛИЙ НАГРУЖЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ХОНИНГОВАЛЬНОЙ ГОЛОВКИ

А.И. Акилов, Т.Н. Куценко

Как показали исследования, интенсивность исправления формы при хонинговании зависит от жесткости технологической системы и величины исходной погрешности. Механизм исправления заключается в перераспределении давления брусков на обрабатываемую поверхность на всех участках, имеющих отклонения от цилиндричности.

Для определения жесткости хонинговальной головки и среднего смещения ее элементов под действием силы используем основные положения теории упругости, согласно которым напряжения σ_x , σ_y , τ_{xy} и смещения U и V можно выразить через две аналитические функции $\phi(z)$ и $\psi(z)$ комплексного аргумента $z = x + iy$ следующим образом [1]:

$$\begin{aligned}\sigma_x + \sigma_y &= 2 [\phi(z) + \bar{\phi}(z)]; \\ \sigma_y - \sigma_x + 2i\tau_{xy} &= 2[\bar{z}\phi'(z) + \psi(z)]; \\ 2v(U+iV) &= \kappa\phi(z) - z\phi'(z) - \psi'(z),\end{aligned}\quad (1)$$

где $\bar{\phi}(z)$ и $\bar{\phi}'(z)$ - сопряженные функции

$$\bar{\phi}(z) = \overline{\phi'(z)}; \quad \psi(z) = \overline{\psi'(z)}.$$

Функции $\phi(z)$ и $\psi(z)$ определяются из граничного условия [1].

$$\phi(\sigma) + \bar{\phi}(\sigma) - \sigma\phi'(\sigma) - \sigma^e\bar{\psi}'(\sigma) = R(\sigma_r + i\tau_{r\theta}) \quad (2)$$

В случае несамобалансированной нагрузки, главный вектор которой X_0 ,

функции ϕ и ψ имеют структуру

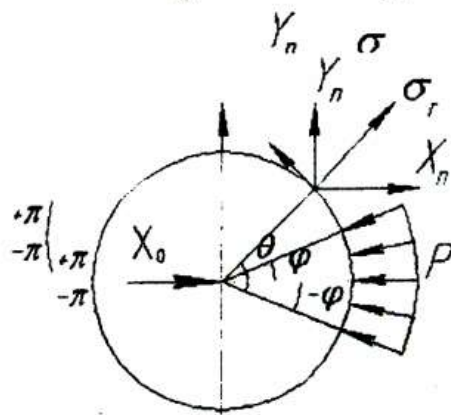
$$\phi(\zeta) = \frac{X_0}{2\pi(1+\kappa)} \frac{1}{\zeta} + \sum_{n=0}^{\infty} a_n \zeta^n \quad (3)$$

$$\psi(\zeta) = \frac{\kappa X_0}{2\pi(1+\kappa)} \frac{1}{\zeta} + \sum_{n=0}^{\infty} b_n \zeta^n$$

Рисунок 1 - Граничные условия $\zeta = r \cdot e^{i\theta}$; r - радиус-вектор внутри

условия

единичного круга; θ



-угловая координата;

$\kappa = 3-4\nu$ - постоянная Мусхелишвили;

ν - коэффициент Пуассона.

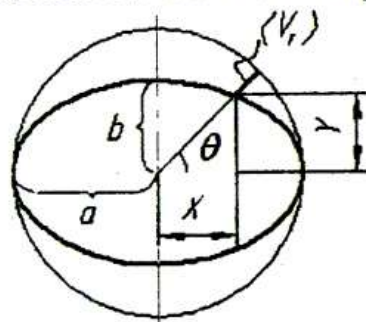
После представления правой части уравнения (3) в виде ряда и математических преобразований получим среднее значение смещения V_r на участок приложения нагрузки.

$$\langle V_r \rangle = \frac{P}{4\pi G} \left\{ (\varepsilon - 1) \left[\varphi^2 - \frac{1 - \varepsilon}{1 + \varepsilon} 2\varphi \cdot \sin \varphi \right] + 2 \frac{2\varepsilon - 1}{1 + \varepsilon} \sin^2 \varphi + \right. \\ \left. + \frac{2}{\varphi} \sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{\varepsilon}{n+1} - \frac{1}{n-1} \right) \frac{\sin^2 n\varphi}{n^2} \right\} \quad P = -k \langle V_r \rangle \quad (4)$$

Коэффициент упругости хонголовки

$$k = 4\pi G \left\{ (\varepsilon - 1) \left[\varphi - \frac{1 - \varepsilon}{1 + \varepsilon} 2 \sin \varphi \right] + 2 \frac{2\varepsilon - 1}{1 + \varepsilon} \frac{\sin^2 \varphi}{\varphi} + \right. \\ \left. + \frac{2}{\varphi} \sum_{n=2}^{\infty} \left(\frac{\varepsilon}{n+1} - \frac{1}{n-1} \right) \frac{\sin^2 n\varphi}{n^2} \right\}^{-1} \quad (5)$$

Сила, действующая на брусок $P = p \cdot 2\varphi \cdot R$. φ – в радианах. Зная k и радиальное смещение бруска $\langle V_r \rangle$, как величину погрешности формы под соответствующим бруском можно определить силу, действующую на брусок. Пусть обрабатываемое отверстие имеет форму овала, описываемого уравнением эллипса в параметрической форме



$$\begin{aligned} x &= a \cdot \cos \theta \\ y &= b \cdot \sin \theta, \end{aligned} \quad (6)$$

где a и b – полуоси эллипса;
 θ – угловая координата.

Тогда среднее смещение бруска от действия погрешности формы будет равно

$$\text{Рисунок 2} \quad \langle V_{r1} \rangle = a - \sqrt{a^2 \cos^2 \theta + b^2 \sin^2 \theta} \quad (7)$$

Пусть бруски отстоят друг от друга на угол β . Тогда

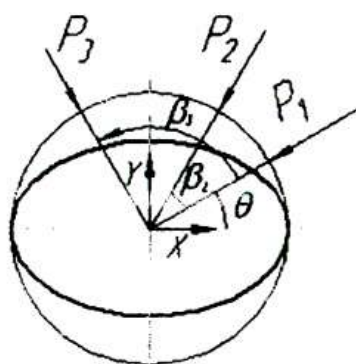
$$\langle V_{r2} \rangle = a - \sqrt{a^2 \cos^2 (\theta + \beta) + b^2 \sin^2 (\theta + \beta)} \quad (8)$$

Отношение сил подобно отношению прогибов

$$\frac{P_1}{V_{r1}} = \frac{P_2}{V_{r2}} = -k;$$

$$P_2 = \frac{V_{r2}}{V_{r1}} P_1 = \frac{a - \sqrt{a^2 \cos^2 (\theta + \beta) + b^2 \sin^2 (\theta + \beta)}}{a - \sqrt{a^2 \cos^2 \theta + b^2 \sin^2 \theta}} P_1 \quad (9)$$

Большинство конструкций хонинговальных головок содержат шесть брусков, расположенных симметрично. Для расчета усилий, действующих на бруски со стороны погрешности формы достаточно рассмотреть половину. Для системы из трех брусков



$$\frac{P_1}{V_{r1}} = \frac{P_2}{V_{r2}} = \frac{P_3}{V_{r3}} = -k \quad (10)$$

Считаем, что P_1, P_2, P_3 направлены к центру и после деформации находятся на контуре эллипса. Задавая одно смещение, тем самым задаем все остальные. Тогда усилия на бруски от наличия погрешности формы детали могут быть рассчитаны из

нагружения
брусков

$$P_1 = \frac{V_{r1}}{V_{r3}} P_3; P_2 = \frac{V_{r2}}{V_{r3}} P_3; P_3 = -kV_{r3} \quad (11)$$

Исходя из условия равновесия сил $\sum X_i = 0; \sum Y_i = 0$ и полученных соотношений (11), можно записать (см. рис.3)

$$\sum X_i; P_1 \cos \theta + P_2 \cos(\theta + \beta_2) - P_3 \cos(\theta + \beta_3) - X = 0$$

$$\sum Y_i; P_1 \sin \theta + P_2 \sin(\theta + \beta_2) - P_3 \sin(\theta + \beta_3) - Y = 0$$

$$P_3 \left[\frac{V_{r1}}{V_{r3}} \cos \theta + \frac{V_{r2}}{V_{r3}} \cos(\theta + \beta_2) - \cos(\theta + \beta_3) \right] = X$$

$$P_3 \left[\frac{V_{r1}}{V_{r3}} \sin \theta + \frac{V_{r2}}{V_{r3}} \sin(\theta + \beta_2) - \sin(\theta + \beta_3) \right] = Y \quad (12)$$

$$P_3 = -kV_{r3}$$

Полученные зависимости дают возможность расчета коэффициента исправления погрешности формы детали. Они позволяют также определить дополнительную нагрузку на механизм разжима брусков.

Литература: 1. Мухелишвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. М., Наука, 1970.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПА «ВТУЛКА»

С.П. Кононенко, М.Ю. Линник, В.Г. Евтухов

Совершенствование технологии изготовления деталей типа «втулка» рассмотрим на примере механической обработки детали «обойма Н17 50.001.03», которая является основным звеном муфты зубчатой, входящей в состав агрегата электронасосного питательного АШЭА 850-65-1. Материал обоймы – сталь 38ХА ГОСТ 4543-71.

В заводском технологическом процессе механическая обработка «обоймы» выполняется на универсальном оборудовании с применением стандартизованной оснастки, режущего и измерительного инструментов. В частности, основные операции механической обработки - черновая и чистовая токарные операции выполняются на токарно-винторезном станке модели 1К62 с применением токарных напайных твердосплавных резцов.

На основе анализа заводского технологии изготовления «обоймы» построена матрица технологического процесса ее механической обработки, в которой выделено пять укрупненных операций Э1, Э3, Э4, Э6 и Э8 [1]. Дальнейший анализ этих операций с учетом размерного анализа линейных технологических размерных цепей позволил спроектировать более оптимальный, на наш взгляд, технологический процесс механической обработки «обоймы», в котором широко используются станки с ЧПУ, более прогрессивный режущий инструмент. При этом, на токарной черновой операции вместо резцов с напайными пластинами Т5К10 предлагается применять многогранные неперетачиваемые пластины из ТТ10К8Б с износостойким покрытием - TiC ГТ. Указанный твердый сплав, как матрица, обладающая оптимальным сочетанием свойств, главным из которых является высокая сопротивляемость термопластическим деформациям, обеспечивает максимальное использование свойств покрытия TiC ГТ, особенно его высокую износостойкость. В результате, период стойкости резцов возрастает с 60 мин до 100 мин, скорость резания увеличивается с 90 м/мин до 120 м/мин, что, в конечном итоге, сокращает основное время на черновую токарную операцию с 11,39 мин до 7,9 мин. В тоже время, на чистовой токарной операции более эффективным является применение керамики вместо износостойких покрытий на твердосплавных резцах Т15К6. В частности, использование оксидно-карбидной керамики ВОК-71, позволяет повысить стойкость резцов в 1,5 раза, а оптимальную скорость резания поднять до 350 – 450 м/мин, что сокращает почти в 3 раза основное время на токарной чистовой операции.

Литература: 1. Цветков В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов. – Минск: Наука и техника, 1979. – 264 с.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИЙ И РАБОТЫ ТОРЦОВЫХ ФРЕЗ С ПЯТИГРАННЫМИ МНП

С.В.Доценко, П.В.Кушниров

Торцовые фрезы с многогранными неперетачиваемыми пластинами (МНП) широко используются при обработке плоских поверхностей заготовок. Стандартные конструкции торцовых фрез с пятигранными МНП достаточно просты и удобны в эксплуатации. Закрепление МНП в них производится путем вращения крепежного винта, ось которого параллельна оси фрезы.

Одним из недостатков стандартной конструкции фрезы является невысокая точность установки МНП в корпусе фрезы. Положение режущей кромки при этом во многом зависит от точности изготовления и точности базирования МНП. Этим недостатком обладают не только пятигранные МНП, но и пластины другой формы.

Проведенные исследования по определению погрешности установки в корпусе фрезы неперетачиваемых пластин пятигранной и круглой формы показали, что при многократном (более 100 раз) закреплении в корпусе фрезы одной и той же пластины при сохранении ее положения для круглых пластин характерна несколько меньшая погрешность установки и закрепления по сравнению с пятигранными. Среднее арифметическое отклонение центра рассеивания для круглых пластин не превышает 0,2 мкм и возрастает более чем в 1,5 раза в случае применения пятигранных, а разность между наибольшим и наименьшим отклонениями размеров равна соответственно 10 и 13 мкм. Рассмотренные погрешности возрастают более чем в 5 раз при изменении положения пятигранных пластин или при их замене.

Погрешность установки МНП, приводящая к появлению значительного торцового и радиального биения режущих кромок фрезы, не позволяет получать стабильные высокие параметры по чистоте обработки и влечет за собой быстрый износ выступающих режущих пластин.

С целью устранения этих недостатков была предложена конструкция торцовой фрезы с пятигранными МНП, где имеется возможность при необходимости дополнительной поднастройки величины осевого вылета пятигранной МНП. Крепление МНП при этом производится в специальной режущей вставке, которая в свою очередь устанавливается в корпусе фрезы и зажимается по боковой лыске двумя винтами. Механизм крепления режущей вставки достаточно компактен, что позволяет применить в предложенной конструкции фрезы большее количество режущих элементов по сравнению с существующими стандартными конструкциями торцовых фрез. В частности предложенная фреза $\varnothing 125$ мм содержит 12 режущих вставок, что позволяет повысить производительность обработки не менее чем на 25%.

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ТИПА "ВАЛ-ШЕСТЕРНЯ"

С.Н.Хвостик, П.В.Кушниров

Деталь "Вал-шестерня 1.1550-25.122-03" входит в состав центробежного распылителя "ЦЭЛ 22-25-5К-01-УЗ", служит для передачи крутящего момента с привода на вал и распыления масла центробежными силами в зубчатом зацеплении редуктора.

Технологический процесс изготовления вала-шестерни обладает некоторыми недостатками. В частности, метод химико-термической обработки (азотирование), применяемый в существующей технологии, в связи с длительностью и высокой температурой процесса приводит к искажению геометрической формы детали, хрупкости поверхностного слоя. Кроме того, применение на фрезерно-центровальной операции стандартных торцовых фрез с пятигранными неперетачиваемыми пластинами не позволяет вести обработку торцов заготовки на более высоких режимах обработки.

В связи с этим предлагается провести усовершенствование следующих этапов технологии изготовления вала-шестерни:

- заменить существующий метод химико-термической обработки на более эффективный – лазерную закалку;
- разработать более совершенную конструкцию режущего инструмента для операции фрезерования торцов заготовки.

Применение технологии лазерной закалки зубьев вала-шестерни позволяет получить микротвердость поверхности до 8,9 ГПа и твердость поверхностного слоя до 60...70 HRC₃ на глубину до 1,5мм, что повышает износостойкость зубьев детали в 1,5 - 5 раз.

Для операции фрезерования торцов заготовки предложена новая конструкция фрезы с цилиндрическими режущими вставками (заявка на полезную модель № и 2006 13179). Компактность механизма крепления режущей вставки в разработанной конструкции обеспечивает возможность размещения в корпусе фрезы большего количества режущих вставок (для Ø100мм - 10 шт.), чем у существующих стандартных конструкций торцовых фрез (8 шт.). Поэтому разработанная конструкция торцевой фрезы позволяет повысить производительность обработки детали в 1,25 раза за счет увеличения подачи и глубины резания.

Таким образом, замена существующего метода химико-термической обработки (азотирования) на лазерную закалку и применение новой конструкции режущего инструмента для операции фрезерования торцов заготовки позволяет осуществить более эффективный технологический процесс обработки деталей типа "вал-шестерня".

АЛГОРИТМ НОРМИРОВАНИЯ ЦИКЛА КРУГЛОГО ВРЕЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ

К.В. Антонов, А.В. Евтухов

Выражения расчета глубины шлифования и суммарного припуска [1], а также ряд факторов, ограничивающих производительность процесса шлифования, выявленных в ходе литературного обзора, позволили разработать алгоритм нормирования цикла врезного шлифования. При этом алгоритм нормирования реализуется в несколько этапов.

Первый этап заключается в экспериментальном определении значения обобщенной динамической характеристики конкретной технологической системы с учетом процесса резания - $q = c/(c+j)$, где c – жесткость процесса резания, j – жесткость технологической системы [1, 2].

Второй этап заключается во введении ранее определенного значения q , а так же исходных данных, описывающих физико-механические и тепловые свойства материала заготовки, характеристику шлифовального круга, режимы правки круга, требования, предъявляемые к обрабатываемой поверхности детали (по чертежу).

Третий этап реализуется программно и заключается в выборе оптимального цикла шлифования, отличающегося соответствующим набором этапов, расчете длительности отдельных этапов и суммарного времени рабочего цикла шлифования. В качестве условий, ограничивающих производительность процесса, представлены шлифование без прижогов, требуемые по чертежу шероховатость и допуск отклонения формы обрабатываемой поверхности детали.

Алгоритм предусматривает три варианта рабочего цикла шлифования. Цикл №1 включает в себя этапы врезания на форсированной подаче, черновое шлифование и выхаживание. Цикл №2 включает этапы врезания, чернового шлифования, чистовое шлифование. При этом между этапами чернового и чистового шлифования предусмотрен переходной этап, в ходе которого происходит изменение глубины (подачи) шлифования. Цикл №3 включает все этапы цикла №2, а так же выхаживание. Основной съем припуска происходит при черновом шлифовании, формируется определенная величина дефектного слоя. Этапы чистового шлифования и выхаживания направлены на устранение ранее созданного дефектного слоя и обеспечение требуемых по чертежу допуска формы и шероховатости поверхности детали.

Литература: 1. Сизый Ю.А., Евтухов А.В. Расчет глубины круглого врезного шлифования на основе его имитационной модели // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". – Х.: НТУ "ХПІ". – 2001. - № 15. – С. 117-126. 2. Сизый Ю.А., Евтухов А.В. Статическая и динамическая характеристики технологической системы круглого врезного шлифования// Резание и инструмент в технологических системах. – Х.: НТУ «ХПИ», 2003. – Вып. 64. – С. 185-192.

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА КРУГЛОГО ВРЕЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ

А.А. Ильяшенко, А.В. Евтухов

В дополнение к динамической системе круглого врезного шлифования (КВШ) приведенной в [1], разработана динамическая модель привода вращения заготовки (ПВЗ).

Согласно структурной схеме круглошлифовального станка [1] входом в подсистему ПВЗ является напряжение U , подаваемое на обмотку якоря двигателя постоянного тока и момент резания M_p . Выходным сигналом подсистемы является угловая скорость вращения заготовки ω_6 . Момент резания M_p определяется произведением тангенциальной составляющей силы резания P_z на радиус заготовки R , значения которых изменяются в течение обработки. Колебания этого момента, как результат воздействия на систему инструмент-процесс-деталь неровностей поверхности заготовки, круга и его дисбаланса, приводят к изменению нагрузки на ПВЗ, а следовательно – к возбуждению крутильных колебаний его элементов, колебаниям скорости резания глубины шлифования.

Согласно кинематической схемы ПВЗ кругло-шлифовального станка модели 3М151 были разработаны математические модели привода и входящего в него двигателя постоянного тока, ставшие основой для создания имитационной динамической модели ПВЗ в пакете «VisSim». Имитационное моделирование динамической системы КВШ в пакете «VisSim» позволяет наблюдать за изменением абсолютных значений частот вращения движущихся масс привода и их колебаний.

В соответствии с предложенными в [2, 3] способами устранения волнистости поверхности имитации подверглись циклы: №1 – врезного шлифования с однократным уменьшением скорости вращения изделия, №2 – с изменением скорости вращения изделия по синусоиде.

Выводы. Разработана математическая модель динамической системы КВШ и ПВЗ на основе круглошлифовального станка. Имитационное моделирование процесса врезного шлифования по циклам №1 и №2 дало положительные результаты: и в первом, и во втором случае наблюдается значительное снижение уровня волнистости шлифуемой поверхности.

Литература: 1. Сизый Ю.А., Голубничий М.Ю. Имитационная модель динамической системы круглого наружного врезного шлифования. // Вестник ХГПУ.-Харьков: ХГПУ.-2000.-Вып.80-С.54-57. 2. Прилуцкий В.А. Технологические методы снижения волнистости поверхностей. – М.: Машиностроение, 1978. – 136 с., ил. 3. Сизый Ю.А., Евтухов А.В. Моделирование и управление качеством поверхности при врезном шлифовании. // Резание и инструмент в технологических системах. – Межд. научн.-техн. сборник. – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2002. – Вып. 61. – С. 194 - 201.

ОСОБЕННОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ НАСЛЕДСТВЕННОСТИ НА СТАДИИ ФИНИШНОЙ ОБРАБОТКИ БРУСКАМИ

С.Н. Сахарова, В.И. Савчук

Финишная обработка обеспечивает высокое качество поверхности изделия, увеличивает долговечность и износостойкость деталей машин в процессе их эксплуатации. Однако практическая реализация существующих способов часто затруднена. Не всегда удается подобрать оптимальный режим резания из-за широкого диапазона обрабатываемых металлов и сплавов с различными физико-механическими свойствами. В связи с чем возникает необходимость классификации материалов по группам обрабатываемости. Причем, необходимо учитывать технологическую наследственность режимов операций, предшествующих финишной обработке, поскольку она формирует физико-механические свойства поверхности и в зависимости от условий обработки и эксплуатации деталей оказывает влияние на их долговечность и надежность работы. Предложенная классификация позволяет прогнозировать рациональные режимы резания для каждой группы материалов, а, следовательно, и материалов, входящих в эти группы, повысить производительность финишной обработки и обеспечить требуемое качество поверхности деталей. Задача решается составлением математической модели по теории Л.Г. Шатихина, которая представляет необходимую взаимосвязь между физико-механическими характеристиками материалов и их структур, режимами резания и характеристиками режущего инструмента. Для построения модели используются таблицы, названные «структурными матрицами системы». Благодаря их матричной форме, на них можно легко изобразить структуры сложной системы или процесса и на любом уровне ее детализации. Можно наглядно показать как оптимальные пути передачи воздействий внешних факторов, так и взаимовлияния между отдельными элементами исследуемого процесса. Матрицы исследуемой системы отличаются между собой степенью детализируемых коэффициентов. На матрицах каждый коэффициент, выделенный в виде блока, несет в себе разное количество информации. Матрицы с различной степенью детализации, позволяют исследовать процесс на разных иерархических уровнях. При составлении модели основным критерием выбиралось взаимодействие бруска с материалом поверхности, и устанавливались факторы, влияющие на шероховатость поверхности, съем материала и структуру поверхностного слоя материала.

Разработанная модель даст возможность создать новые способы финишной обработки поверхностей, предложить гамму устройств. А также разработать новые варианты составления технологических процессов для изготовления поверхностей с необходимым набором физико-механических характеристик и качеств поверхности.

ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКЦИИ УСТРОЙСТВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ОБРАБОТКЕ ВАЛОВ АБРАЗИВНЫМИ БРУСКАМИ

С.В. Порохня, А.О. Куманцев, В.И. Савчук

В последнее время на стадии финишной обработки валов применяется большая гамма суперфинишных устройств необходимых для обеспечения требуемых характеристик обрабатываемых поверхностей. Например, большинство из таких устройств работает по методу двойной осцилляции в которых основным требованием является широкий диапазон варьирования параметров режима обработки. Особенно необходимо поддерживать заданные соотношения радиальных и осевых колебаний бруска, их амплитуд, исходного зазора между поверхностями бруска и детали.

Нами предложено устройство, позволившее обеспечить требуемые параметры при отделочной обработке валов, такие как возможность регулирования частот радиальных и осевых колебаний бруска в широком диапазоне, а также изменение амплитуды движения режущего инструмента в процессе обработки.

Наличие в таких суперфинишных устройствах механизмов радиальных и осевых колебаний инструмента кинематически связанных механизмом синхронизации расширяет возможность устройства за счет непосредственной очистки брусков от засаливания в зоне обработки и сохраняет режущую способность зерен при резании. Последнее приводит к постоянному съему металла во времени. Изменением соотношения частот осевых и радиальных колебаний достигается различное время контакта бруска с деталью, которое обуславливает состояние режущих зерен инструмента в зависимости от физико-механических свойств обрабатываемого материала. Изменяя длительность контакта инструмента с деталью можно задать различные длины следа абразивных зерен. Это позволяет получить диапазон изменения длины следа зерен бруска и показать эффективность использования рабочей поверхности инструмента при обработке. Очистка бруска от шлама в процессе работы устройства позволяет обрабатывать цветные металлы, нержавеющие стали, которые ранее не суперфинишировались.

В 70 % валов, обработанных по операциям черного и чистового суперфиниширования, остаются дефекты в виде рисок на поверхности, окарины, огранки, волнистости, оставленные предшествующими операциями и выходящие за пределы требований допускаемых чертежом. Замена этих операций способом двойной осцилляции позволила устранить перечисленные недостатки.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ МОДУЛЬНОГО ПОСТРОЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

М.Ю. Думанчук (СНАУ, г. Сумы)

Технологический процесс изготовления детали представляет собой последовательность различных технологических воздействий на исходную заготовку. Так как модуль поверхностей является частью детали, то для его получения также необходимо выполнить последовательность технологических воздействий на заготовку. Данная последовательность является технологическим модулем и представляет собой часть технологического процесса. Технологический модуль является связующим элементом между модулем поверхностей и заготовительным модулем.

Заготовительным модулем является сочетание поверхностей заготовки после обработки которых посредством технологического модуля получается соответствующий модуль поверхностей.

Для обеспечения обработки модуля поверхностей необходимо наличие в технологическом модуле следующих данных: перечень технологических переходов по обработке типового модуля поверхностей; операционные эскизы; таблица состояния МП в процессе обработки с указанием получаемой точности и шероховатости; алгоритм определения величин припусков; алгоритм определения операционных размеров.

Все технологические воздействия по механической обработке разбиваются на три этапа: черновой, получистовой и отделочный. При выполнении каждого из указанных этапов производится, в общем случае, однократная обработка всех элементов типового модуля поверхностей с достижением соответствующей точности и качества.

Технологический модуль, разработанный для типового модуля поверхностей, является избыточным и часть его переходов типового технологического модуля применительно к конкретной детали выполняться не будет.

Для сформированного интегрального модуля поверхностей создается интегральный технологический модуль. В его состав входят только рабочие технологические модули, которые необходимы для обработки модулей поверхностей, входящих в интегральный модуль поверхностей. Структурно интегральный технологический модуль повторяет типовой, т.е. состоит из трех этапов.

Таким образом, применение модульного принципа построения технологических процессов механической обработки заготовок в машиностроении позволит более широко использовать типизацию и унификацию в технологическом проектировании, в том числе в условиях единичного и мелкосерийного производства.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГРУППОВЫХ ОПЕРАЦИЙ

А.У. Захаркин, Р.Н. Тютченко

Операционной группой называется совокупность деталей, характеризующаяся при обработке общностью оборудования, оснастки, а также общностью структур операций технологического процесса. Для операций, выполняемых на станках с ЧПУ общностью структур операций, заключающейся в определенной последовательности выполнения переходов, можно пренебречь. Этому способствует наличие возможности включать в работу режущие инструменты группового инструментального оснащения в любой последовательности по предварительно разработанной программе. Тогда в групповую объединяются те детали-операции, которые требуют для своего выполнения одной специализации оборудования.

В соответствии с зависимостью $TВМРi = M_c \cap M_n \cap M_n$

где: ТВРМ – технологические возможности i-го рабочего места;

M_c - технологические возможности станка;

M_n - технологические возможности групповой инструментальной наладки;

M_n - технологические возможности группового приспособления.

Таким образом, для автоматизации процесса группирования детали-операций, необходимо иметь базу данных (иллюстрированный определитель) с кодами специализации операций который должен отражать модель станка, применяемые режущие инструменты и приспособления.

Для предприятий, находящихся на этапе проработки целесообразности, приобретения нового оборудования с ЧПУ по этому же принципу может быть решена задача выбора рационального состава производственной системы, обеспечивающей обработку множества деталей с учетом применения метода групповой обработки.

При этом в каталог станков, используемый для создания базы данных кодов специализации, заносятся все модели станков, намеченные к приобретению. После определения множества состояний производственной системы, удовлетворяющих потребности обработки множества деталей, формируется наиболее рациональный ее состав.

Решение обеих задач требует разработки систем кодирования элементов рабочего места, что и выполняется в рамках исследований.

Для отображения этих сведений и создания условий для автоматизированного адресования спроектированной операции к одной из групповых структура кода специализации операции принята аналогичной структуре кода групповых операций иллюстрированного определителя.

**ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ ТА
ІНЖЕНЕРІЯ**

ВДОСКОНАЛЕННЯ ДЕСОРБЕРА БЛОКУ СУШІННЯ ГАЗУ ГНІДИНЦІВСЬКОГО ГПЗ

Я.І Савуляк., В.І. Склабінський

Газ на ГПЗ (газопереробному заводі) піддається сушінню у зв'язку з тим, що до товарного газу, використовуваному в основному як паливо, пред'являються ряд наступних умов.

Газ при транспортуванні не повинен викликати корозію трубопроводів, арматури, приладів і т.п. Якість газу повинна забезпечити його транспортування в однофазному стані, тобто в газопроводі не повинні утворюватися вуглеводнева рідина, водяний конденсат і газові гідрати. Товарний газ не повинен викликати ускладнень у споживача при його використанні.

Насичений розчин ДЕГа (діетиленгліколь), який застосовується для осушування газу, що містить 6-8% вологи, надходить у теплообмінник, де нагрівається зустрічним потоком регенованого розчину, а далі проходить через сепаратор. Тут з нього виділяється розчинений газ, що йде на власні потреби. Із сепаратора насичений ДЕГ насосом накачується в колону регенерації, де здійснюється підвищення концентрації розчину.

На діючій на Гнідинцівському ГПЗ установці насичений ДЕГ із глухої тарілки абсорбера під власним тиском надходить у теплообмінники, піддається дегазації й під власним тиском надходить на регенерацію в десорбер. Десорбер обладнаний випарником, через трубний пучок якого циркулює теплоносій - гас ТС-1 з температурою 250 °С. У десорбційній колоні волога й залишки вуглеводнів відганяються.

Для повного їхнього видалення застосовується вакуум. Регенований ДЭГ з випарника десорбера через теплообмінник забирається насосами, подається в абсорбер і цикл повторюється.

Для визначення необхідного режиму роботи десорбера треба знати состав насиченого ДЕГа, що визначається режимом роботи абсорбера й составом природного газу подаваного на осушку.

Розрахунки проводилися за допомогою програмного продукту PROVISIN. Виходячи з того, що насичений ДЭГ має концентрацію 93,42%(мас.) і має у своєму составі практично всі вуглеводневі з'єднання, що втримуються в природному газі, був проведений розрахунок десорбера й були визначені вимоги до технологічних параметрів десорбера, у якому відбувається регенерація ДЕГа та визначено, що відновлення ДЕГа повинне відбуватися до концентрації понад 99,0% та регенерація абсорбенту можлива також шляхом використання віддувочного газу

У такий спосіб справжня науково-дослідна робота є обґрунтуванням для проведення конструктивного пророблення варіанта виконання десорбера із застосуванням віддувочного газу.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОСЛОЙНОЙ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ ГРАНУЛ В ГРАНУЛЯЦИОННОЙ БАШНЕ

М.В. Батюк, В.И. Склабинский

В настоящее время в промышленности применяются грануляторы различных конструкций: статические, центробежные, акустические и вращающиеся виброгрануляторы. Наилучшие показатели по гранулометрическому составу продукта обеспечивают вращающиеся виброгрануляторы, оснащение которыми башен производств азотных удобрений наиболее целесообразно для получения продукта высокого качества. Способ получения азотных удобрений в грануляционных башнях (способ приллирования) имеет широкое практическое применение

В производстве азотных удобрений основное внимание уделяется повышению качества продукции. Одним из главных показателей качества продукции есть размер гранул.

С увеличением размеров гранул скорость процесса кристаллизации существенно замедляется. Получение гранул более крупного размера требует интенсификации процесса теплообмена. Актуальной является задача снижения энергетических расходов, связанных с подачей охлаждающего воздуха.

При проведении анализа проблем повышения эффективности работы грануляционных башен в производстве азотных удобрений рассчитывается процесс кристаллизации и охлаждения капель расплавов азотных удобрений в башнях. При этом важно, чтобы модель процесса включала конструкционные и технологические параметры башен, что позволяет оценить влияние различных параметров на течение процесса.

Описание процесса кристаллизации и охлаждения гранул азотных удобрений в башнях включает задачу нестационарного теплообмена в гранулах и задачу конвективного теплообмена в газовой фазе. Для расчета теплопереноса в газовой фазе определяется траектория движения капель в башне.

При разработке математической модели процесса охлаждения и кристаллизации капель расплава азотных удобрений учитывался нестационарный теплообмен в гранулах и конвективный теплообмен в газовой фазе. Для расчета теплопереноса в газовой фазе была определена траектории движения капель в башне.

На основании полученных результатов была разработана программа, позволяющая произвести расчет времени и пройденного пути до полной кристаллизации гранул.

ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ТА ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ СЕПАРАТОРА ТОНКОЇ ОЧИСТКИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ

В.І. Склабінський, О.О. Ляпощенко, А.В. Логвин, О.С. Міщенко

Очищення природного та попутного нафтового газів від рідини (конденсат, інгібітор гідрат утворення, вода) та механічних домішок – є актуальною проблемою сьогодення. Тому газосепараційне обладнання – обов'язковий елемент на об'єктах промислових підприємств нафтогазопереробних виробництв.

Конструкції газосепараторів сітчастих, жалюзійних та з відцентровими елементами, сепараторів вхідних, факельних та тонкої очистки газу, що обираються і виготовляються за державними або галузевими стандартами, як правило, без проведення попередніх технологічних розрахунків, та застосовуються у системах промислового збору, установках НТС УКПГ та компресорних станціях. Тому у більшості випадків виготовлене сепараційне обладнання працює в умовах, що відрізняються від проектних та відповідно з показниками значно нижче від вказаних у паспорті (ефективність сепарації близько 70%). Відсутність наукових основ прогнозування розділення газорідних потоків є однією із вагомих причин проектування малоефективних сепараційних апаратів і вибору недостатньо виправданих технологічних режимів.

На підставі результатів проведених науково-дослідних робіт та маючи певний досвід впровадження нових вискоефективних конструкцій сепараційного обладнання інерційно-фільтруючого типу на промислових об'єктах ВАТ «Укрнафта» (Качанівському ГПЗ, Глінсько-Розбишівському виробництві), кафедрою «Процеси та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв» (ПОХНВ) Сумського державного університету (СумДУ) проведено дослідження блоку сепараторів тонкої очистки газу нового типу, яким планується оснащення компресорних станцій (виробник ВАТ «Сумське НВО ім. М.В.Фрунзе»). Після експериментальних обстежень наданих зразків сепараційних елементів у лабораторних умовах, проведено моделювання гідродинамічних процесів течії трьохфазного потоку (газ, краплі рідини та механічні домішки) по 3D (трьохвимірній) геометричній моделі інерційної секції сепаратора (перша ступінь – батарейний циклон) з урахуванням, що розділення відбувається у полі гравітаційних та інерційних (відцентрових) сил, здійснено за допомогою програмного комплексу Fluent FloWizard (<http://www.fluent.com>). Сепарацію за механізмами фільтрування у фільтруючій секції (друга ступінь – батарейний патронний фільтр-коалесцер) представилось можливим змодельовати за допомогою програмного продукту COSMOS FlowWorks (<http://www.cosmosm.com/>). За результатами моделювань проведено оцінку ефективності (досягнуто ефективне вловлювання часток $2R \geq 5$ мкм на рівні 99,5%).

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИЗВЛЕЧЕНИЯ УГЛЕВОДОРОДОВ В МАСЛОАБСОРБЦИОННЫХ УСТАНОВКАХ

А.П. Врагов, А.В. Логвин

Из промышленного опыта отбензинивания углеводородных газов известно, что степень извлечения, качество продукции, производительность и энергопотребление установки зависят от эффективности работы контактных устройств, при этом всё чаще используют клапанные тарелки. При использовании давлений 1,5 – 2,0 МПа и пониженных температурах степень извлечения широкой фракции легких углеводородов (ШФЛУ) состава $C_3 - C_5$ составляет более 70 %.

При повышенном давлении газовой смеси возрастает коэффициент извлечения ШФЛУ, хотя при этом увеличивается растворение метана и этана в абсорбенте, что приводит к потерям углеводородов с топливными газами.

Понижение температуры газовой смеси заметно увеличивает коэффициент извлечения ШФЛУ, но требует применения холодильных установок и дополнительного теплообменного оборудования, что связано с дополнительными материальными и энергетическими затратами.

Нами разработана программа расчета процесса масляной абсорбции ШФЛУ в тарельчатой колонне с клапанными тарелками, при этом использованы методы на основе расчета Кремсера и потарелочный (от тарелки к тарелке). Варьируемыми параметрами процесса масляной абсорбции являются давление в колонне (в интервале 1,5 – 3,0 МПа), температура (в интервале 273 – 233К) и состав исходной газовой смеси.

Предложенный алгоритм расчета позволяет рассчитать изменение концентрации отдельных компонентов ШФЛУ в фазах и определить эффективность извлечения каждого из углеводородов газовой смеси на отдельных тарелках. На основе выполненных расчетов оценивают эффективность процесса и выбирают необходимое число клапанных тарелок.

При проектировании колонн для извлечении легких углеводородов целесообразно принимать количество теоретических тарелок для ступени абсорбции в пределах 3–4 штук, число рабочих тарелок составляет 10–12 штук.

Эффективным является применение рециркуляции газов при десорбции, предварительное насыщение и рециркуляция абсорбента при абсорбции, а также использование установок двухступенчатой абсорбции. При таких условиях достигается высокая степень извлечения целевых компонентов.

Таким образом, при проектировании и выборе оптимальной конструкции абсорбционной и десорбционной колонн маслоабсорбционной установки следует предварительно оценить параметры процесса при помощи разработанной математической модели, рассчитать размеры колонны (диаметр, высоту, число тарелок), расход металла и энергетические затраты, а затем на основе приведенных затрат выбрать исполнительные размеры колонного массообменного оборудования.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ ЖИДКОСТНОГО ИНЖЕКТОРА В СОСТАВЕ КРИСТАЛЛИЗАЦИОННОЙ УСТАНОВКИ

А.П. Врагов, Я.И. Голубков

Основными оптимальными показателями работы кристаллизационного оборудования являются интенсивность, обеспечивающая максимальную производительность единицы рабочего объема аппарата, сравнительно небольшие удельные затраты энергии на единицу массы готовой продукции, стабильные качества получаемого кристаллического продукта (крупность кристаллов, однородность гранулометрического состава, химическая чистота и др.). Критерием оптимальности является максимальная объемная производительность кристаллорастителя, достаточная степень пересыщения, скорость движения потока раствора, которые влияют на скорость роста кристаллов.

Скоростью роста кристаллов также можно управлять введением в пространство испарителя регулируемого количества затравочных кристаллов, на поверхности которых впоследствии проходит процесс роста.

Для регулирования в кристаллорастителе кратности циркуляции восходящего потока раствора, для отбора и подачи в испаритель затравочных кристаллов, а также для отбора производственных кристаллов предложено использовать жидкостные инжекторы разной производительности.

Применение жидкостного инжектора в циркуляционном цикле позволяет управлять процессом вывода установки в рабочий режим: на стадии наработки первоначального слоя кристаллов среднего размера с выключенным инжектором (слой кристаллов формируется в кристаллорастителе); в рабочем режиме с подключенным на циркуляционной линии инжектором в кристаллорастителе выращиваются кристаллы производственного размера, которые отбираются из кристаллорастителя также с помощью другого инжектора.

Применение инжектора на циркуляционной линии позволяет устанавливать циркуляционный насос с меньшей подачей раствора, т. к. в рабочем режиме инжектор обеспечивает кратность циркуляции в 3 – 4 раза большую в сравнении с первоначальной. Вторым инжектором используют для отбора и перекачки кристаллической суспензии в кристаллоуплотнитель.

В разработанной нами кристаллизационной установке на циркуляционной линии использован многосопловой инжектор со сменными соплами, что позволяет создать равномерный факел жидкости практически по всей площади поперечного сечения трубопровода, обеспечить высокую всасывающую способность при сравнительно низком гидравлическом сопротивлении. При замене сопел можно изменить всасывающую способность инжектора и коэффициент инжекции, а также гидравлическое сопротивление инжектора.

Таким образом, применение инжекторов в составе кристаллизационной установки позволяет интенсифицировать процесс роста кристаллов, произвести замену циркуляционного насоса на более экономичный, а также обеспечить управляемость, надежность и безотказность работы установки.

РАЗРАБОТКА ВАКУУМНОЙ РЕКТИФИКАЦИОННОЙ КОЛОННЫ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЭТИЛОВОГО СПИРТА

А.С. Михайлов, А.П. Врагов, С.М. Михайлов

В настоящее время для разделения однородных бинарных или многокомпонентных растворов на индивидуальные, практически чистые, компоненты применяют методы ректификации, которые широко используют в химической и пищевой промышленности, в частности, в спиртовом производстве.

В существующем производстве этилового спирта, проводимом под атмосферным давлением, из-за наличия азеотропа максимальная концентрация спирта не превышает 97,2% объем. Известно, что использование вакуума для системы этанол – вода смещает точку азеотропа в область более высоких концентраций спирта. Следовательно, снижая давление в ректификационной колонне до определенного значения, можно на диаграмме фазового равновесия Y-X переместить точку азеотропа в область более высоких концентраций этанола в паровой фазе, что позволит путем ректификации достигнуть более высокой концентрации спирта и в готовом продукте. В этом случае также повышается движущая сила процесса ректификации как за счет разрушения азеотропа, так и за счет увеличения упругости паров этанола. Применение необходимого вакуума диктуется технико-экономическими соображениями.

Были проведены расчеты условий равновесия в данной системе, в результате которых установлено, что для получения спирта концентрацией 99,2% масс. целесообразно выбрать вакуум 95 мм. рт. ст.

При работе колонны в этих условиях за счет увеличения движущей силы процесса ректификации уменьшается флегмовое число, уменьшается число контактных элементов (число тарелок) при одновременном повышении качества продукта. Применение вакуумных спиртовых колонн, в результате достижения более высоких концентраций конечного продукта, исключает использование так называемых колонн окончательной очистки.

Таким образом, путем использования ректификации под вакуумом в производстве этилового спирта, можно существенно повысить технико-экономические показатели, а также решить задачи охраны труда и экологические проблемы.

С использованием уравнения Антуана определены значения концентраций низкокипящего компонента в паровой фазе в зависимости от содержания низкокипящего компонента в жидкости для процесса вакуумной ректификации. Результаты расчетов внесены в базы данных.

Расчет геометрических размеров ректификационных колонн для разделения смеси этиловый спирт – вода в условиях работы под давлением и под вакуумом показал, что вакуумная колонна является более эффективной.

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ГАЗОРІДИННОМУ РЕАКТОРІ З ТУРБОЕЖЕКЦІЙНИМ ПЕРЕМІШУЮЧИМ ПРИСТРОЄМ

В.Я. Стороженко, О.О. Ляпощенко, Д.О. Ляпощенко

Проектування газорідинних реакційних апаратів, обладнаних турбоежекційними перемішувачами, становить особливий інтерес, тому що їх застосування розкриває широкі можливості для проведення миттєвих реакцій у технологічних схемах хімічних виробництв, але конструювання таких апаратів ускладнено, що пов'язано з недоліком експериментальних і теоретичних даних, що стосуються їх гідродинамічного розрахунку. Тому дослідження гідродинаміки перемішування двофазної системи газ-рідина турбоежекційними перемішувачами постають актуальними.

Раніше проведеним комплексом експериментальних досліджень гідродинамічних процесів в моделі газорідинного реактора з ежекційним перемішувачем на експериментальному стенді у лабораторних умовах кафедри «Процеси та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв» (ПОХНВ) Сумського державного університету (СумДУ), усвідомлено основи процесів у газорідинних апаратах, гідродинаміку двофазної системи газ-рідина, гідродинаміку перемішування при турбулентному режимі в газорідинному реакторі з механічним диспергуванням газу.

Сьогодні, завдяки суттєвому розвитку сучасної комп'ютерної техніки та появі програмних комплексів і продуктів для моделювання гідродинамічних процесів, представилося можливим провести раніше не досяжне віртуальне комп'ютерне моделювання гідродинамічних процесів у 3D (трьохвимірній) геометричній моделі газорідинного реактора.

Завдання досліджень — моделювання процесу перемішування у газорідинному реакторі, обладнаному турбоежекційним перемішувачем, з метою візуалізації методами комп'ютерної графіки течій, що виникають у об'ємі апарату, та процесу диспергування газу.

3D модель газорідинного реактора з турбоежекційним перемішувачем створена за допомогою системи тривимірного твердотілого моделювання КОМПАС-3D (<http://www.ascon.ru/>), після чого за допомогою програмного продукту COSMOS FlowWorks (<http://www.cosmosm.com/>) CAD-системи SolidWorks (<http://www.solidworks.com/>), а також програмного комплексу Fluent FloWizard (<http://www.fluent.com>), проведено комплексні моделювання процесу перемішування в створеній геометричній конфігурації розрахункової області газорідинного реакційного апарата ємнісного типу.

Результати віртуальних комп'ютерних моделювань представляють високу науково-практичну цінність у плані теоретичних досліджень гідродинаміки процесу перемішування двофазної системи газ-рідина турбоежекційними перемішувачами при проектуванні та конструюванні.

ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ АБСОРБЦІЙНОЇ КОЛОНИ УСТАНОВКИ ОСУШКИ ГАЗУ ГНІДИНЦІВСЬКОГО ГПЗ

В.Я. Стороженко, О.О. Ляпощенко, В.В. Сміловець

Останнім часом набули широкого розвитку роботи зі створення прогресивних технологічних схем процесів осушування природного газу (ADAPT, DRIGAS, DRIZO, ECOTEG, IFPEXOL) закордонними виробниками (Advantica Technologies Ltd., SIIRTEC NIGI, OPC Drizo Inc., Prosernat IFR Group Technologies and Titan SNC Lavalin). ДОАО ЦКБН також виявлено необхідність аналогічних робіт на газових промислах ОАО «Газпром».

Об'єктом наукових досліджень та впровадження технічних рішень обрано Гнідинцівський ГПЗ (ВАТ «Укрнафта»). У результаті проведених обстежень установки осушки газу цеху переробки газу (УОГ ЦПГ) виявлено, що природне зниження технологічного тиску в процесі експлуатації родовища призводить до відповідної зміни параметрів роботи абсорберів УОГ. При незмінній номінальній продуктивності по газу відбувається збільшення фактичної швидкості газового потоку в абсорбері. Крім того, робочі швидкості газу збільшуються ще у свердловині, що сприяє насиченню водою і забрудненню вихідного сирого газу, який надходить на УКПГ. У процесі експлуатації гліколь, що постійно циркулює в системі установки осушки і регенерації, забруднюється мастилами, вуглеводнями та солями. Збільшення забруднення гліколю солями при зниженні тиску також обумовлено більшими швидкостями газового потоку в свердловині, захопленням газом води з розчиненими в ній солями з наступним акумулюванням їх у гліколі.

Проведені комп'ютерні моделювання технологічної схеми УОГ ЦПГ за допомогою програмних продуктів та комплексів для технологічних розрахунків у нафтогазовій та хімічній галузях HYPROTECH HYSYS Process (<http://www.hyprotech.com/>), CHEMCAD (<http://www.chemstations.net/>) та SIMSCI PRO/II з PROVISION (<http://www.simsci-esscor.com/>) виявили, що фактично досягнута точка роси осушеного газу на ЦПГ складає мінус 13-15 °С при тиску 8,8 кгс/см² та близько мінус 2-0 °С після його компримування до тиску 30,6 кгс/см². Для досягнення глибокої осушки газу та зниження точки роси при тиску 30,6 кгс/см² до мінус 10 °С концентрація гліколя повинна бути не нижче 99,5% (мас.). Гідравлічний розрахунок абсорберу УОГ виявив, що колона суттєво недовантажена за газом.

З метою оптимізації розглянуто три варіанти реконструкції установки:

- абсорбційна осушка газу на більш високому тиску після III ст. КС;
- осушка газу низькотемпературним охолодженням газу з впорскуванням в газ розбавленого гліколю;
- переведення вакуумної регенерації гліколя на атмосферну з використанням відпарного газу для підвищення концентрації ДЕГа в регенованому розчині до 99,5% (мас.).

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ НАСАДКИ С ПОПЕРЕЧНЫМ ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЕМ ФАЗ

В.О. Немченко, В.А. Смирнов, В.Я. Стороженко

В настоящее время мировыми производителями теплообменной аппаратуры для аппаратов средней и большой производительности используются преимущественно структурные пакетные гофрированные насадки. Создание насадок новых типов, совершенствование и обновление технологий их производства, а также определение теплообменных и эксплуатационных характеристик неизбежно сопровождается большим объемом конструкторских и технологических разработок. Решающим условием решения этой оптимизационной задачи и выбора типа насадки остается эксперимент. На сегодняшний день экспериментальное определение массообменных коэффициентов и составление полуэмпирических соотношений для насадки конкретного типа – доминирующий подход к решению задачи определения эффективности насадки.

В основе предложенной насадки положено создание конфигурации поверхностей, которые формируют регулярную насадку, таким образом, чтобы осуществлялось перераспределение жидкой и газовой фаз в радиальном направлении, что приводит к снижению пристеночного эффекта, а при этом – к увеличению концевых эффектов.

Поставленная задача решается выполнением пакета регулярной насадки, в которой двойная гофрированная сетчатая лента (перфорированная пластина) навивается по спирали, которая имеет форму усеченного конуса.

На основе ранее проведенных гидродинамических испытаний данного вида насадки был подготовлен комплекс исследований по определению частных массообменных характеристик насадки, а именно числа единиц переноса, высоты эквивалента теоретической ступени, объемного коэффициента массопередачи колонны. Эксперимент проводился на лабораторной ректификационной установке, работающей без отбора дистиллята, для разделения смеси этиловый спирт – вода.

При этом определяли состав исходной исследуемой смеси и флегмы. Пользуясь универсальным лабораторным рефрактометром, определяли показатели преломления каждой из проб, а также соответствующие им концентрации этилового спирта в смеси. Полученные результаты проверялись с помощью поверенных спиртомеров.

Графическим методом были построены рабочая линия процесса ректификации, а также вспомогательные графики для определения числа единиц переноса и получено значение $ЧЕП=1,09$. Для данного числа единиц переноса высота эквивалентная теоретической ступени ВЭТС составляет 248 мм.

ПРЕДПОСЫЛКИ К ОПТИМИЗАЦИОННОМУ ПРОЕКТИРОВАНИЮ РЕКТИФИКАЦИОННЫХ КОЛОНН БЛОКА РЕГЕНЕРАЦИИ МЕТАНОЛА

Д.А. Захаров, Я.Э. Михайловский

Метанол, как ингибитор, способствующий разрушению гидратов, широко применяется в газопереработке. При подаче метанола в скважины и шлейфы и последующей осушке газа на установках низкотемпературной сепарации или в абсорберах одновременно с водой поглощается и метанол. Выделение метанола из воды осуществляется на установках регенерации метилового спирта в ректификационных колоннах.

Ключевыми параметрами при моделировании ректификационных колонн являются число теоретических тарелок (или число единиц переноса) и оптимальное флегмовое число. Использование ЭВМ для расчета колонн заставляет перейти от традиционного графического к аналитическому методу определения числа теоретических тарелок или единиц переноса.

Равновесная линия для системы метанол – вода на определенных участках может быть аппроксимирована прямой с уравнением $Y' = K_1X + b_1$. Ошибка за счет условного спрямления линии равновесия в пределах одного участка невелика и вполне допустима при подобных расчетах.

Рабочая линия также является прямой с уравнением $Y = K_2X + b_2$. При этом для концентрационной части колонны: $K_2 = R/(R + 1)$, $b_2 = X_D/(R + 1)$; для отгонной части колонны: $K_2 = (R + F)/(R + 1)$, $b_2 = -X_W(F - 1)/(R + 1)$, где R – флегмовое число; F – число питания; X_D и X_W – мольное содержание легколетучих веществ в дистилляте и в кубовом остатке.

Тогда число теоретических тарелок n и число единиц переноса m для каждого участка удобно определять по уравнениям:

$$n_y = \frac{1}{\ln(K_1/K_2)} \ln \frac{Y_k + c/a}{Y_n + c/a}; \quad n_x = \frac{1}{\ln(K_1/K_2)} \ln \frac{X_k + c'/a'}{X_n + c'/a'};$$

$$m_y = \frac{1}{a} \ln \frac{Y_k + c/a}{Y_n + c/a} = \frac{1}{a} \ln \frac{X_k + c'/a'}{X_n + c'/a'}; \quad m_x = \frac{1}{a'} \ln \frac{Y_k + c/a}{Y_n + c/a} = \frac{1}{a'} \ln \frac{X_k + c'/a'}{X_n + c'/a'},$$

где $a = (K_1 - K_2)/K_2$; $c = (b_1 - b_2)/K_2$; $a' = (K_1 - K_2)/K_1$; $c' = (b_1 - b_2)/K_1$; Y_n , Y_k , X_n , X_k – начальное и конечное мольное содержание легколетучих компонентов в паровой и в жидкой фазах на рассматриваемом участке.

Подобные расчеты выполняются для всех участков равновесной линии и для каждого рабочего флегмового числа $R_i = R_{min}\beta_i$, где R_{min} – минимальное флегмовое число, $R_{min} = (X_D - Y_F^*)/(Y_F^* - X_F)$; X_F , Y_F^* – мольное содержание легколетучих веществ на тарелке питания; β_i – коэффициент избытка флегмы.

Затем строится график зависимости $f(R_i) = m_i(R_i + 1)$. Так как первый множитель характеризует капитальные затраты, а второй – эксплуатационные, то минимум на графике соответствует значению оптимального флегмового числа.

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫПАРНОГО ОТДЕЛЕНИЯ В СВЕКЛОСАХАРНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

Е.Г. Пилипец, Я.Э. Михайловский

Выпарные отделения свеклосахарных заводов предназначены для удаления большого количества воды из очищенного сока II сатурации и получения пересыщенного сахарного сиропа, который после дополнительной очистки направляется в вакуум-аппараты, где выделяются кристаллы сахара.

Так как выпаривание связано с большим расходом энергии, то одной из главных задач при проектировании выпарных станций является такая организация процесса, которая обеспечит оптимизацию эксплуатационных и капитальных затрат. В этой связи на первый план выходят рациональный выбор числа корпусов, а также модернизация выпарного оборудования.

В сахарной промышленности широко распространены вертикальные выпарные аппараты с трубчатой поверхностью нагрева и паровым обогревом, в которых осуществляется естественная или принудительная (с помощью центробежного насоса) циркуляция выпариваемого продукта.

В рассматриваемом аппарате также осуществляется принудительная циркуляция сока, но с помощью встроенного перемешивающего устройства, создающего насосный эффект. Это позволяет перейти к более компактной конструкции выпарного аппарата, а также снизить затраты на циркуляцию. Кроме того, вынесенный брызгоуловитель, тангенциально соединенный с греющей камерой, обеспечивает надежную сепарацию вторичного пара от капель раствора для предотвращения засахаривания кипяtilьных труб.

Учет большого числа взаимозависимых факторов при проектировании многокорпусных выпарных станций невозможен без применения ЭВМ. На основе проведенного анализа был разработан алгоритм оптимизационного расчета выпарных аппаратов с перемешивающим устройством, включающий следующие основные этапы: 1) материальный баланс выпарной установки и расчет концентраций раствора по корпусам; 2) определение температур кипения раствора и расчет движущих сил процесса; 3) тепловой баланс выпарной установки и уточнение количеств греющего пара и выпариваемой воды по корпусам; 4) расчет коэффициентов теплоотдачи и теплопередачи с учетом типа и размеров перемешивающего устройства; 5) определение поверхности теплопередачи и конструктивных размеров аппарата; 6) расчет суммарных затрат на проведение процесса; 7) изменение типа или размеров перемешивающего устройства и повторение расчета, начиная с пункта 4; 8) изменение параметров греющего пара и повторение расчета, начиная с пункта 2; 9) изменение числа корпусов выпарной установки и повторение расчета, начиная с пункта 1; 10) выбор оптимального варианта по минимуму суммарных затрат.

Эта методика позволяет по нескольким параметрам оптимизировать процесс выпарки в производстве сахара, минимизируя суммарные затраты.

ПУТИ ИНТЕНСИФИКАЦИИ БИОГАЗОВЫХ УСТАНОВОК

Т.М. Мельникова, С.И. Якушко, Я.Э. Михайловский

Эффективным возобновляемым источником энергии является биомасса. Ресурсы биомассы в различных видах есть почти во всех регионах мира, и почти в каждом из них может быть налажена ее переработка с получением энергии и удобрений.

Использование биомассы может проводиться в следующих направлениях:

- прямое сжигание,
- производство биогаза из сельскохозяйственных и бытовых отходов.
- производство этилового спирта для получения моторного топлива.

В целом биомасса дает седьмую часть мирового объема топлива, а по количеству полученной энергии занимает наряду с природным газом третье место. Из биомассы получают в 4 раза больше энергии, чем дает ядерная энергетика.

В нетрадиционной энергетике особое место занимает переработка биомассы (органических сельскохозяйственных и бытовых отходов) метановым брожением с получением биогаза, содержащего около 70% метана, и обеззараженных органических удобрений. Чрезвычайно важна утилизация биомассы в сельском хозяйстве, где на различные технологические нужды расходуется большое количество топлива и непрерывно растет потребность в высококачественных удобрениях. Всего в мире в настоящее время используется или разрабатывается около 60-ти разновидностей биогазовых технологий.

Однако внедрение биогазовых установок требует больших капитальных затрат. Так, для переработки на этих установках навоза свинофермы на 3 тыс. голов с ежедневным выходом 30 тонн навоза, требуется установка с объемом реактора 300 – 350 кубических метров. Поэтому необходимо изыскивать пути интенсификации процесса метанового брожения для создания компактных и недорогих биогазовых установок.

Установлено, что процесс протекает тем быстрее, чем выше температура в реакторе. Метановое брожение может проводиться как при средних температурах – мезофильные условия, так и при высоких температурах – термофильные условия. При этом длительность процесса брожения в мезофильных условиях составляет 10-15 суток, а в термофильных 5 – 7 суток. То есть скорость протекания процесса в термофильных условиях в 2 – 3 раза выше, чем в мезофильных. За счет этого во столько же раз снижается объем реактора и, соответственно, капиталовложения в создание установки.

Однако выбор температурного режима работы должен основываться на анализе климатических условий той местности, где предполагается

строительство установки. Метановый реактор работает как термостат, и для поддержания постоянной температуры в реакторе необходимо затрачивать энергию. Поэтому, если для обеспечения термофильных температур необходимы значительные затраты энергии, то более эффективной может оказаться эксплуатация реакторов при мезофильных температурах.

Другим фактором, обеспечивающим проведение процесса в интенсивном режиме, является постоянная гомогенизация среды в объеме реактора и удаление или разрушение корки, постоянно образующейся на поверхности биомассы в реакторе, которая препятствует нормальному выходу биогаза. Выполнение этих условий достигается за счет периодического энергичного перемешивания биомассы.

Перемешивание сбраживаемой массы обеспечивает в метантенках контакт микрофлоры с питательной средой, равномерное распределение микроорганизмов в объеме, смешение исходного субстрата с уже сброженным, предотвращает перегрев ферментной массы вблизи нагревательных элементов.

Перемешиванием достигается равномерность температуры по всему объему биореактора, предотвращается образование корки на поверхности субстрата, выпадение в осадок песка и тем самым улучшается газообразование и интенсифицируется процесс сбраживания, т.е. перемешивание сбраживаемой массы является одной из основных предпосылок высокой скорости метаногенеза. Перемешивание осуществляется:

- механическими мешалками различной формы или погружными насосами с приводом от электродвигателя,
- гидравлическими насадками за счет энергии струи, перекачиваемого насосом сбраживаемого навоза, или рециркуляцией,
- избыточным давлением биогаза, пропускаемого через барботер или трубку, расположенную в нижней части редуктора.

Кроме того, перемешивание позволяет значительно интенсифицировать процесс теплоотдачи от установленных внутри реактора теплообменников для поддержания термостатических условий внутри реактора. Т.е. без перемешивания для получения такой же производительности объем реакторов должен быть значительно увеличен, что приводит к удорожанию установки.

Таким образом, с учетом факторов, позволяющих значительно интенсифицировать процесс сбраживания органической массы, возможно создание более эффективных биогазовых установок с меньшими капитальными затратами.

БИОДИЗЕЛЬ – ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ВИД ТОПЛИВА

Б.А. Белькевич, С.И. Якушко

Биодизель – это альтернативное топливо, которое производится из растительных масел. Главным преимуществом биодизельного топлива, которое делает его «привлекательным» с точки зрения замены существующих видов топлива, является его экологическая чистота, а также относительная дешевизна. В отличие от топлива, произведенного из нефтепродуктов, биодизель при попадании в почву или воду подвергается полному биологическому распаду, а уровень выбросов углекислого газа в атмосферу при сгорании биодизеля значительно ниже по сравнению с обычным дизельным топливом. Кроме того, использование биодизеля позволяет его потребителям не зависеть от мировых цен на нефть и нефтепродукты.

Биодизель получают из растительных масел путем реакции этерификации: к растительному маслу добавляется метанол (этанол) в соотношении приблизительно 9:1 и незначительное количество катализатора (щелочного или кислотного), после чего смесь обрабатывается в кавитационном реакторе.

Первая биодизельная установка с применением непрерывной технологии на 30.000 тонн/год была смонтирована на заводе фирмы Estereco в Амбертайде в 1993 году. Эта установка, получившая совместное финансирование ЕЭС и итальянского правительства, позволила осуществить проверку новых технологий и производить биодизельное топливо, отвечающее самым последним и наиболее жестким европейским стандартам качества. Новая биодизельная установка с производительностью 100.000 тонн/год на основе технологии непрерывной переэтерификации, смонтирована в Ливорно, Италия в ноябре 2004 года. В настоящее время новые биодизельные установки строятся в Западной Европе, Северной и Южной Америке с применением новейших технологий.

Секция производства биодизельного топлива, а именно этапы переэтерификации масел и очистки биодизельного топлива, характеризуются уникальными особенностями. Реакция переэтерификации осуществляется в 3 стадии с избытком метанола по отношению к стехиометрическому количеству и использованием метилата щелочного металла в безводном метанольном растворе в качестве катализатора. Метанол и катализатор дозируются и возвращаются во все 3 стадии реакции в определённых соотношениях. Температура реакции ниже 60°C, а максимальное давление равно 0,5 бар изб. Общее время пребывания в установке равно примерно 2 часам.

Выход при непрерывной переэтерификации равен 99,8%, он рассчитывается как соотношение количества нейтрального или рафинированного масла, подаваемого на переэтерификацию, и полученного количества биодизеля. По окончании процесса переэтерификации обе фазы

тщательно разделяются. Очистка верхней метилэфирной фазы включает отделение непрореагировавшего метанола, промывку водными растворами и конечную сушку. Очистка нижней глицериновой фазы включает: нейтрализацию, отделение непрореагировавшего метанола, разбавление потоком промывной жидкости из процесса промывки метилового эфира, расщепление мыл и конечное концентрирование до 88 – 90%.

Частично очищенный глицерин может поставляться непосредственно или отправляться на дополнительную дистилляционную очистку для получения фармацевтической степени чистоты, отвечающей самым строгим спецификациям фармакопей.

Перспективным в производстве биодизельного топлива является импульсная высокочастотная кавитационная обработка трехкомпонентной смеси, которая осуществляется в реакторе происходит на молекулярном уровне. Соотношение компонентов: масло подсолнечное сырое – 100 литров (91 кг), спирт метиловый – 12,8 литров (10,1 кг), КОН – 0,9 кг. Все компоненты, находящиеся внутри реактора подвергаются воздействию импульсов высокого давления и развитой направленной кавитации. При обработке растительных масел с необходимыми ингредиентами в кавитационном реакторе происходит разрыв молекул жирных кислот посредством микровзрывов; это приводит к снижению вязкости, увеличению цетанового числа, улучшению энергетических характеристик будущего топлива, а также значительно увеличивает скорость и качество протекания реакции этерификации. При этом увеличиваются не только качественные и количественные показатели выхода чистого биодизеля, но и скорость его производства. Использование кавитационного реактора для производства биодизельного топлива позволяет экономить энергоресурсы в 5-7 раз по сравнению с существующими технологиями и оборудованием.

Сырьем является прежде всего рапс - ценная масличная культура и источник биотоплива. Семена озимого рапса содержат 45-50% масла, ярового - до 35%. Это масло применяется в пищевой, мыловаренной, нефтехимической и текстильной промышленности. По жировому и кислотному составу оно напоминает оливковое.

Рапс нужен в севообороте овощным хозяйствам. Он очищает поля от трудноотделимых сорняков, таких как злаковые, улучшает почву за счет стержневой корневой системы. Он является фитосанитаром полей, накапливает органику и азот, улучшает структуру почв, говорит Злобин. Выделения корней рапса освобождают почву от корневых гнилей и болезней. Введение рапса в севооборот позволяет перейти на минимальную, а затем и на нулевую обработку почвы при выращивании зерновых.

Таким образом, технология производства биодизельного топлива на основе различных масличных культур является перспективным направлением, позволяющая получать экологический вид топлива.

НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ РАБОЧИХ КОЛЕС НАСОСОВ ДЛЯ ПЕРЕКАЧИВАНИЯ ГИДРОСМЕСЕЙ

Д.А. Ляпощенко, С.М. Яхненко

Центробежные насосы с однолопастным рабочим колесом (РК) для отечественного насосостроения являются новым видом насосного оборудования. Вместе с тем, имеющиеся информационные материалы, а также результаты исследований, проведенных в СумГУ, позволяют говорить о наличии области применения, где данное оборудование наиболее эффективно. В нашем представлении это область коэффициентов быстроходности $n_s > 140$, где они могут быть заменой свободновихревых насосов, сохраняют основные эксплуатационные показатели последних, но превосходят их по экономичности. Под эксплуатационными показателями подразумевается незабываемость при перекачивании гидросмесей с твердыми включениями, необразование жгутиков при перекачивании жидкостей, содержащих длиноволокнистые компоненты, а также перекачивание газожидкостных смесей с большой объемной концентрацией газа (до 55%) без срыва параметров насоса.

Специфические составы перекачиваемых сред требуют нетрадиционного для центробежных насосов конструктивного исполнения пробочной части. В частности, речь идет о геометрии передней и задней пазух рабочего колеса. Рабочие колеса с малым числом лопастей, как правило, выполняются с переменными дисками (ширина РК на входе и выходе одинаковы), отводы с параллельными стенками. В зависимости от характеристик перекачиваемой гидросмеси однополостные РК могут иметь несколько вариантов конструктивных исполнений своих передней и задней пазух.

В докладе приводятся экспериментальные данные исследования трех вариантов конструктивного исполнения пазух:

- традиционное исполнение для центробежного типа РК;
- РК с передним и задним импеллерами;
- РК с отверстиями, соединяющими зону всасывания с полостью задней пазухи.

ТРЕБОВАНИЯ К ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ НАСОСОВ, ПЕРЕКАЧИВАЮЩИХ ДВУХФАЗНЫЕ СРЕДЫ

В.А. Осадчий, С.М. Яхненко

Анализ каталога данных зарубежных фирм «KSB» (Германия), «Аластрем» (Финляндия) показывает, что насосы, перекачивающие предварительно очищенные сточные жидкости, ливневые воды и другие загрязненные жидкости, должны удовлетворять идентичным требованиям к геометрии проточной части, как и насосы, перекачивающие целлюлозу, бумажную и кормовую массу, макулатуру, не фильтрованные соки, пищевые пасты и т.д. В частности, проточная часть (ПЧ) таких насосов должна отвечать следующим требованиям:

а) геометрия проточной части насосов, перекачивающих абразивные гидросмеси и абразивные гидросмеси с крупными включениями, должна удовлетворять требованиям:

- материал, применяемый в деталях ПЧ, должен обладать повышенной износостойкостью;
- с целью уменьшения износа геометрия ПЧ рабочих колес должна иметь более плавные отводы в местах перехода от осевого течения жидкости к радиальному;
- обладать широкими проходными сечениями по всему рабочему тракту насоса;
- скорости течения жидкости на входе в РК должны быть 3 – 5 м/с;
- во избежание заклинивания зазор между РК и языком отвода должен быть больше или равняться максимальному линейному размеру перекачиваемого продукта;

б) геометрия проточной части насосов, перекачивающих не абразивные жидкости с крупными твердыми и волокнистыми включениями, должна удовлетворять требованиям:

- иметь проходные сечения, обеспечивающие незабиваемость ПЧ;
- Во избежание заклинивания входного патрубка скорость движения жидкости в нем должна быть не ниже 2 – 3 м/с;

в) геометрия ПЧ насосов, перекачивающих легкоповрежденные продукты, также должны отвечать несколько обособленным требованиям:

- должна быть не чувствительна к засорению;
- минимально повреждать перекачиваемый продукт (минимальное число лопастей обеспечивает минимальное повреждение продукта);
- число оборотов ротора должно быть минимальным.

Идентичность требований, предъявленных к ПЧ насосов, перекачивающих сточные жидкости позволяет устанавливать в одних и тех же корпусах несколько типов рабочих колес: однолопастные, двух- и трехлопастные (капельные) закрытого или полукрытого типа, свободновихревые.

ПРОЕКТУВАННЯ ОБ'ЄКТІВ ХІМІЧНИХ, НАФТОГАЗОПЕРЕРОБНИХ І ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ СУЧАСНИХ САПР/САД

О.О. Ляпощенко, В.М. Маренко, Я.І. Голубков

Сучасні обчислювальні машини набули достатньої потужності процесорної техніки для вирішення недосяжних раніше швидкостей обчислень та кількості одночасно вирішуваних операцій. Обладнані потужними тривимірними графічними прискорювачами, вони розкривають двері у віртуальний світ проектування та моделювання.

Цей факт відразу викликав появу систем автоматизованого проектування (САПР/САД), які вже добре себе зарекомендували та успішно виконують свої функції в спеціальних конструкторських бюро проектних організацій. Програмні комплекси та продукти моделювання гідродинамічних, теплообмінних, масообмінних і хімічних процесів поки що набули поширення у вузьких колах науковців і деяких наукових інститутів. Комп'ютерне моделювання найближчим часом повною мірою замінить фізичне моделювання, вже зараз помітно чітке прагнення до віртуального моделювання, що виключає витрати на виготовлення металосмічних модельних і дослідно-промислових зразків обладнання, експериментальних стендів і та полігонів з високоточними та цінними контрольовано-вимірювальними приладами. При проектуванні промислових об'єктів, сучасні САПР/САД дозволяють реалізувати у віртуальному тривимірному (3D) просторі загальні етапи робіт: формування майданчика будівництва, проектування виробничих приміщень, компонування основного технологічного обладнання. Сучасні системи тривимірного твердотілого проектування представляють можливим створювати високо деталізовані 3D моделі як окремих одиниць технологічного обладнання, так і всієї установки або виробництва в цілому.

Сьогодні кафедрою «Процеси та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв» (ПОХНВ) Сумського державного університету (СумДУ) за допомогою САПР КОМПАС-3D (<http://www.ascon.ru/>) досить успішно вирішуються завдання проектування промислових установок для таких об'єктів, як підприємства хімічної галузі промисловості; підприємства нафтогазопереробної та нафтохімічної промисловості; підприємства харчової промисловості та спиртового виробництва. Створення 3D моделей технологічного обладнання в подальшому передбачає легко одержати повний комплект конструкторської документації (специфікації, складальні креслення обладнання і вузлів, робочі креслення деталей). Програмні комплекси та продукти типу FlowVision (<http://www.flowvision.ru/>), Fluent FloWizard (<http://www.fluent.com/>) та COSMOS FlowWorks (<http://www.cosmosm.com/>) CAD-системи SolidWorks (<http://www.solidworks.com/>), представляють можливості моделювання гідродинамічних та теплообмінних процесів, що відбуваються у обладнанні.

УТИЛІЗАЦІЯ ВІДХОДІВ ДЕРЕВИНИ В ХІМІЧНИХ, ЕНЕРГОСБЕРІГАЮЧИХ І ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕХНОЛОГІЯХ

С.А. Драковцов

Нафтова криза й різке збільшення цін на нафту і нафтопродукти, обмеженість ресурсів викопного палива інтенсифікували пошук альтернативних джерел енергії. В останні роки в усьому світі одержала визнання концепція, заснована на новому розумінні глобальних енергетичних і сировинних проблем. У побут увійшли такі поняття як біоенергетика, біотопливо, біосировина, біотехнологія. При цьому маються на увазі поновлювані джерела енергії й сировини й, у першу чергу, деревина й деревні відходи.

Одним з найбільш важливих поновлюваних джерел енергії є біомаса. Біомаса застосовується як сировина для виробництва енергії й палива, крім того, при використанні її в енергетичних цілях можна одержувати ряд цінних побічних продуктів, зокрема добрива й кормові добавки. Необхідність впровадження біоенергетики й біотехнологій стала особливо актуальною для світового співтовариства – внаслідок небезпеки глобальних змін клімату, через викиди в навколишнє середовище так званих парникових газів – продуктів спалювання й хімічних перетворень викопних палив (вугілля, нафти, газу), забруднення міськими й сільськогосподарськими відходами.

Використання біотехнології в утилізації деревних відходів ділиться на декілька напрямків: різноманітні способи одержання органічних речовин з деревної сировини та одержання електроенергії й тепла. Так, при сухій перегонці деревини утворюється понад 100 різних хімічних речовин: деревне вугілля, дьоготь, метиловий спирт, оцтова кислота, ацетон, смола та ін. Компоненти деревини досить цінна хімічна сировина, з якої можна одержати не тільки всі продукти хімічного синтезу, але й унікальні органічні з'єднання, наприклад, біологічно активні речовини. Перспективною областю використання деревних відходів є виробництво синтетичних палив.

Однак багато з застосовуваних процесів хімічної переробки деревної сировини поступаються щодо продуктивності відомим технологіям нафтопереробки й нафтохімії, вимагають велико-габаритного устаткування й підвищених енергетичних витрат. Для подолання зазначених недоліків при хімічній переробці деревних відходів все ширше застосовують каталізатори, які прискорюють хімічні перетворення, збільшують вихід цільового продукту й зменшують шкідливі викиди. Перевагою використання каталізаторів є те, що зазначені ефекти досягаються без додаткових витрат енергії.

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПСЕВДОЗРІДЖЕНОГО ШАРУ У ВИХРОВОМУ ГРАНУЛЯТОРІ

А.Є.Артюхов, В.І.Склабінський

Питання інтенсифікації процесу гранулювання є актуальним з огляду на тенденцію модернізації сучасних технологічних схем гранулювання та створення нових ліній з великою питомою потужністю.

Розроблені науково-дослідною лабораторією кафедри «Процеси та обладнання хімічних і нафтопереробних виробництв» Сумського державного університету нові способи гранулювання та пристрої для їх здійснення (а саме вихрові гранулятори псевдозрідженого шару) вирішують питання створення прогресивних технологій безбаштового гранулювання з метою зменшення енергоємності та матеріалоємності виробництв та випуску високоякісної продукції.

Фізичні особливості закручених вісесиметричних течій визначають закономірності процесів, що в них протікають. Дослідження закономірностей закручених потоків в вісесиметричних каналах, зокрема вирішення конкретного випадку функціонування вихрових апаратів псевдозрідженого шару, є актуальною науковою і практичною задачею.

Важливим завданням, що потребує вирішення, є дослідження умов створення сталого псевдозрідженого шару в робочому просторі малогабаритних апаратів зі змінним перетином робочої камери. Стабільність вихрового псевдозрідженого шару сприяє рівномірному протіканню тепломасообмінних процесів між контактуючими фазами та впливає на показники якості кінцевого продукту.

На базі захищених патентів України створено експериментальний зразок вихрового гранулятора (рис. 1) з метою дослідження умов формування вихрового псевдозрідженого шару та оцінки впливу різноманітних технологічних та конструктивних факторів на рух фаз в робочому об'ємі пристрою.

Ця розробка дозволяє вирішити поставлену мету досліджень вихрового псевдозрідженого шару саме на підставі не окремих, а взаємопов'язаних серій експериментальних досліджень. Кожне з цих досліджень органічно доповнює одне одного та створює цілісне представлення про закономірності гранулоутворення у закрученому газовому потоці теплоносія та гідродинамічних особливостей існування усталеного вихрового руху гранул. Стає можливим також запропонування подальших рекомендацій щодо промислового використання технології безбаштового гранулювання в малогабаритних вихрових апаратах зі змінною площею перетину робочої зони.

В результаті проведення експериментальних досліджень отримані графічні залежності гідродинамічних параметрів потоку по

перетину робочого простору вихрового гранулятора з додатковою візуалізацією у вигляді відеоматеріалів. Аналіз отриманих залежностей дозволяє зробити висновки щодо впливу конструктивних особливостей гранулятора на параметри потоку, характер зміни гідродинамічної структури киплячого шару в залежності від зміни навантажень по фазам та потокам, а також встановити оптимальний діапазон режимів функціонування вихрового гранулятора. Візуальне спостереження та аналіз його результатів дозволяє більш обґрунтовано судити про характерні особливості псевдозрідженого шару в залежності від варіації технологічних і конструктивних умов.

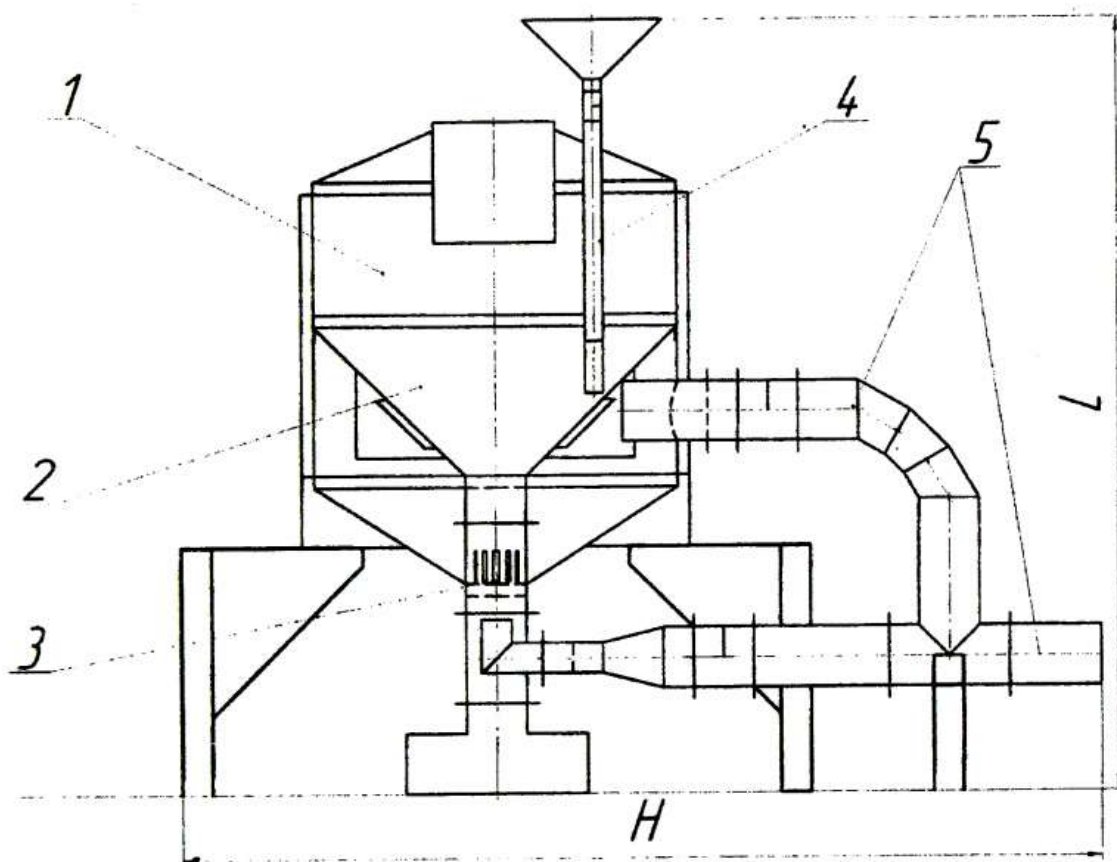


Рис. 1 – Дослідний зразок вихрового гранулятора: 1 – робочий простір апарата; 2 – внутрішній конус; 3 – газорозподільний пристрій; 4 – подача ретура; 5 – трубопроводи для створення тангенційного та висхідного потоків повітря.

Створення відповідних гідродинамічних умов процесу гранулювання у зустрічному вихровому потоці теплоносія з кінцевим продуктом з високим ступенем монодисперсності – комплексна задача, що потребує всебічного теоретичного та експериментального вивчення. Результати співставлення теоретичних основ та експериментальних результатів дослідів в поєднанні з сучасними можливостями математичного моделювання є одним з етапів вирішення поставленого завдання – впровадження технології безбаштового гранулювання з використанням малогабаритних вихрових грануляторів псевдозрідженого шару.

ВПЛИВ ВОЛОГОВМІСТУ ГРАНУЛ АМІАЧНОЇ СЕЛІТРИ НА ЇХ МІЦНІСТЬ

М.О. Кочергін, В.І. Склабінський

Останні десятиліття в сільському господарстві широко використовують мінеральні добрива, а так само добрива пролонгованої дії. Широке застосування знайшла гранульована пориста аміачна селітра, що також використовується в гірничодобувній промисловості.

Основний спосіб одержання пористих гранул аміачної селітри є баштовий спосіб із додаванням поростворюючих добавок. Однак цей спосіб дуже енергоємний і будівництво такого виробництва вимагає великих капітальних витрат, до того ж майже неможливо впливати на структуру й об'єм пор у гранулі.

Для використання нових грануляторів, заснованих на способі гранулювання з розплавів розчинів і суспензій у яких динаміка руху потоку гранул удосконалена, що забезпечує збільшення монодисперсності гранул зростаючих у вихровому шарі, потрібна методика розрахунку необхідних термодинамічних умов, а також визначення часу перебування гранули в апараті для одержання заданої пористої структури. Крім того, на структуру й об'єм пор, а також на міцність гранули впливає початковий вологовміст. Основними показниками якості гранул є міцність гранул і вбираюча здатність.

Для визначення оптимальної початкової вологості був проведений експеримент у ході якого навішення гранул аміачної селітри воложилися до певної вологості, після чого висушувалися, і визначалася механічна міцність на роздавлювання й вбираюча здатність гранул. Отримані значення наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Оптимальна початкова вологість

	Початкова вологість, % по сухій речовині		
	97	98	99
Середня міцність, грам на гранулу	230	290	325
Вбираюча здатність, стосовно солярного масла, %	16,2	15,3	12,5

Необхідна міцність гранул становить 250 грам на гранулу, а вбираюча здатність, стосовно солярного масла не менш 10%.

Отримані дані дозволять визначити оптимальний початковий вологовміст при якому утворюються гранули з необхідною вбираючою здатністю, і механічною міцністю.

ГИДРОДИНАМИКА ГИДРОВЗВЕШЕННОГО СЛОЯ ЧАСТИЦ В ЦИЛИНДРОКОНИЧЕСКИХ АППАРАТАХ

А.П. Врагов, В.П. Ясырев

Многие процессы химической технологии протекают при взаимодействии жидкой и твёрдой фаз в гидровзвешенном слое твердой фазы в цилиндрических аппаратах (ЦКА) (например, в растворителях, классифицирующих кристаллизаторах, в ионообменниках и др.), с целью разделения этого слоя на монофракции либо для получения целевого продукта.

При проектировании ЦКА возникает необходимость вести расчет гидродинамической обстановки во взвешенном слое (ВС) дисперсных частиц в условиях противоточного движения фаз с переменным составом дисперсной фазы по высоте аппарата. В таких случаях в цилиндрических аппаратах в основном происходит однородное псевдооживление с элементами гидроклассификации зерен по размерам. В конических плавно расширяющихся и цилиндрических аппаратах порозность ВС понижена, вследствие чего псевдооживляющий поток среды проходит в центральной части аппарата и увлекает за собой твёрдые частицы, которые, поднявшись вверх, опускаются вниз вдоль стенок аппарата. Распределение локальных концентраций твёрдой фазы в сечениях псевдооживленного слоя неравномерное. Однако при углах раскрытия конуса менее 16° псевдооживление является однородным во всём объёме слоя и наблюдается хорошее перемешивание частиц. При таких условиях обычно часть крупнокристаллических частиц осаждаются с переменной скоростью в нижнюю часть аппарата, часть частиц уносится в верхние секции аппарата, часть частиц находится в средней части слоя в режиме циркуляции.

Следовательно, гидродинамическая обстановка взвешенного слоя частиц по высоте цилиндрического аппарата является в целом неустойчивой, но в локальном сечении цилиндрического аппарата устанавливаются локальное равновесие между силами тяжести частиц и инерционными силами восходящего потока жидкости.

Задачей исследований гидродинамической обстановки во ВС в цилиндрических аппаратах является определение локальных параметров взвешенного слоя частиц по высоте аппарата в зависимости от свойств и скорости восходящего потока жидкости, от концентрации суспензии, гранулометрии зерен, формы и их размера с учетом геометрии цилиндрического аппарата (диаметра, угла раскрытия конуса и высоты расположения его локального сечения). Решение этой задачи позволит определять оптимальные размеры рабочей зоны цилиндрического аппарата и решать задачи, связанные с гидроклассификацией частиц.

Задачей математического моделирования гидродинамической обстановки в цилиндрическом аппарате является определение зон гидроклассификации, соответствующих монофракциям выделяемых зерен.

МЕТОДИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕПЛОМАСООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ В ДВО- ТА ТРЬОФАЗНИХ СИСТЕМАХ З ГАЗОВОЮ СУЦІЛЬНОЮ ФАЗОЮ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ ВИХРОВОГО ПСЕВДОЗРІДЖЕНОГО ШАРУ

В.М. Маренок

Значна кількість технологічних процесів хімічної, нафтопереробної, харчової та інших споріднених галузей, таких як сушіння, гранулювання, спалювання, хімічні реакції з застосуванням каталізатору та без нього, охолодження твердих часток та інше здійснюються у дво-, – трьох фазних системах з газовою суцільною фазою. Для здійснення подібних технологічних процесів у сучасній промисловості широко використовується різноманітні типи технологічного обладнання, які відрізняються принципом дії, конструкцією, та інше. Витрати енергії, матеріалів, трудові витрати, а відповідно і витрати коштів на проведення процесів у багатофазних системах, створення технологічного обладнання та його обслуговування значною мірою залежить від інтенсивності протікаючих технологічних фізикохімічних процесів. Інтенсивність процесів, що проводяться у багатофазних системах з газовою суцільною фазою, в основному визначається стадією взаємодії між газом і рідиною, або між газом і твердим тілом. Тому інтенсифікація саме цієї стадії дозволить значно підвищити інтенсивність протікання процесу взагалі.

Найбільш поширеними типами обладнання для проведення наведених вище технологічних процесів є барабанні апарати, апарати колонного типу, апарати псевдозрідженого шару та інші. Найбільшою інтенсивністю протікаючих тепло та масообмінних процесів між фазами відрізняються апарати псевдозрідженого шару. Вони набувають все більшого поширення у виробництвах середньої та малої продуктивності завдяки відносній простоті конструкції, високій інтенсивності технологічного процесу, малим габаритним розмірам, простоті обслуговування та інше. Існує багато методів інтенсифікації тепломасообміну у псевдозрідженому шарі, та підвищення стабільності роботи такого типу обладнання при зміні навантаження по фазам, але кожний з них має свої переваги і недоліки. Автором запропонований метод, та унікальна конструкція робочої частини апарату, що дозволила підвищити стабільність роботи обладнання та ефективність протікання процесів тепло та масообміну у псевдозрідженому шарі. Це було досягнуто шляхом застосування апарату вихрового псевдозрідженого шару, що поєднує у собі переваги обладнання зі звичайним псевдозрідженим шаром, апаратів фонтануючого шару та позбавляє деяких їх недоліків. Ефективність застосування вихрового псевдозрідженого шару доведена проведеними теоретичними та експериментальними дослідженнями.

ОПЫТНО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ФИЛЬТРА ПЛАВА КОМПЛЕКСНЫХ УДОБРЕНИЙ

Н.П. Кононенко, В.А. Осипов, В.Г. Колесникова, Л.Н. Батюк

Структура производства азотных удобрений на предприятиях Украины характеризуется башенным способом их получения, при этом значительная часть мощностей работает на экспорт. Улучшение потребительских свойств минеральных удобрений до уровня мировых требований по качеству и взрывобезопасности является важным заданием предприятий-производителей минеральных удобрений. Кроме этого, ряд стран Европы и Америки запретили производство и импорт аммиачной селитры без добавок, так как она может быть использована в качестве взрывчатки. Одним из рациональных путей получения продукта, отвечающего новым требованиям потребителей, является введение в плав порошкообразных добавок, что требует разработки нового высокоэффективного фильтровального оборудования.

Система фильтрации устанавливается перед гранулятором в линии подачи расплава азотных и комплексных удобрений в качестве технологического оборудования узла грануляции плава. Проведенные нами работы, позволили разработать фильтр-гомогенизатор для усреднения плава азотного удобрения с порошкообразной добавкой, измельчения крупных частиц и фильтрования суспензии перед ее подачей в гранулятор. Фильтр-гомогенизатор работает по принципу самоочищения частиц, содержащихся в плаве. Предлагаемая система фильтрации плава была реализована в промышленных условиях производства карбамида и аммиачной селитры с порошкообразными добавками. Производительность фильтра до 65 м³/час, максимально допустимое содержание порошкообразной добавки до 20 % масс.

Разработанный фильтр плава, показал высокую надежность в работе и простоту в эксплуатации. Так, например, при производстве аммиачной селитры с добавками время работы фильтра между чистками составляло 250 часов на чистом плаве аммиачной селитры и 12 часов на плаве аммиачной селитры с порошкообразной добавкой против 36 часов работы кассетного фильтра на чистом плаве и 2-4 часов на плаве с порошкообразной добавкой.

Применение фильтра позволило: подавать в гранулятор очищенный плав; уменьшить количество чисток гранулятора в 3-5 раз; упростить обслуживание узла гранулирования плава азотных удобрений; получать однородную суспензию плава азотного удобрения с порошкообразной добавкой; улучшить гранулометрический состав получаемого продукта вследствие снижения забивки отверстий корзины гранулятора частицами добавки; расширить ассортимент выпускаемой продукции путем подачи в плав различных порошкообразных или жидких компонентов.

ПОЛУЧЕНИЕ ПРИЛЛИРОВАННОГО КАРБАМИДА С ПОВЫШЕННЫМИ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИМИ СВОЙСТВАМИ

А.А. Краевский, А.И. Краевский, Н.П. Кононенко

Карбамид является одним из основных видов азотных удобрений, выпускаемых в настоящее время промышленностью. Однако полученный по способу приллирования продукт имеет ряд недостатков, одними из которых являются склонность к слеживанию и небольшая прочность гранул. Для удовлетворения требований заказчиков, предприятия-производители азотных удобрений пытаются решать эти проблемы путем введения карбамидо-формальдегидных добавок в плав карбамида. Такие добавки имеют ряд недостатков: наличие канцерогенного вещества (формальдегида); увеличение содержания воды в готовом продукте; высокая стоимость. Такие показатели продукта имеют негативные свойства и для сельскохозяйственных потребителей: слеживаемость, высокая скорость растворения в грунтовых водах, что связано с технологией применения, и как следствие влияние на экологические показатели окружающей среды.

Проведенные нами работы, позволили получить гранулированный карбамид, модифицированный микроэлементами и стимуляторами роста. Микрофотографическое исследование образцов гранул приллированного карбамида зафиксировало изменение кристаллической структуры гранул, выраженное в уменьшении степени неоднородности (усадочных раковин, пустот, трещин, каналов и пор). Рентгенографическое исследование показало увеличение полуширины дифракционного пика образцов карбамида с добавкой по сравнению с образцами карбамида без добавки. Физико-механические исследования показали, что в образцах карбамида с добавкой содержание свободного аммиака находилось в пределах от 0,013 до 0,021 % масс., воды по Фишеру от 0,42 до 0,50 % масс., биурета от 0,9 до 1,0 % масс. Достигнута статическая прочность гранул приллированного карбамида с добавкой на 10-20 % выше по сравнению со стандартными туками.

Эффективность модифицированного карбамида проявляется в повышении общей урожайности сельскохозяйственной продукции на 15-20% и увеличения содержания крахмала, сахара, сухих веществ и в уменьшении содержания нитратов в продукции растениеводства. Например, содержание сухого вещества в клубнях картофеля увеличивается на 2,0-5,0 %, в корнях сахарной свеклы на 20-22 %. Содержание крахмала в картофеле увеличивается на 1,0-1,2 %, содержание сахаристости в корнях сахарной свеклы увеличивается на 0,8-1,0 %. Содержание нитратов в клубнях картофеля уменьшается на 1,0-1,5 мг/кг, в корнях сахарной свеклы – на 170,0-173,0 мг/кг. Разработанная технология позволяет получать карбамид, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 2081-92.

ОСОБЕННОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ САПРОПЕЛЯ В ГРАНУЛИРОВАННОМ ВИДЕ

Н.П. Кононенко, В.Н. Покотыло, Т.В. Михайлова

Сапропель – ил образующийся на дне пресноводных водоемов из остатков планктонных и бентосных организмов. При образовании сапропеля большую роль играют бактериальные процессы, происходящие в поверхностных слоях отложений при малом доступе кислорода. Это богатое минеральными веществами сырье, которое может быть использовано в качестве удобрений, в медицине (лечебные грязи), при производстве косметической продукции, строительной и других отраслях промышленности. В сапропелях выделено 17 аминокислот, из которых преобладают лизин, аргинин, треонин, метионин и др. Однако для его применения в качестве удобрений и в строительной промышленности необходимо иметь гранулированный продукт с размером частиц 1,0-5,0 мм и влажностью не более 20 %. В связи с этим, возникает потребность в разработке технологии и аппаратного оформления процесса получения сапропеля в гранулированном виде.

В ходе проведения поисковых научно-исследовательских работ было отмечено следующее:

- состав сапропеля, а следовательно его свойства зависят от факторов, влияющих на его образование и способов добычи;
- различие типов сапропелей заключается в соотношении сухих и органических веществ, минеральных элементов в иловом растворе, скелете и коллоидном комплексе. Это требует создание гибкой технологической линии, которая дает возможность использовать нестабильное по своему составу сырье и получать широкий спектр готовой продукции для различных потребителей;
- естественная влажность сапропелевых отложений составляет 84-96 %, что требует использование процесса сушки как при подготовке к стадии грануляции, так и сушке полученных гранул. Нарушение регламента сушки в сторону увеличения температуры в аппарате выше заданной приводит к выгоранию органики, а уменьшение времени сушки сапропелевых гранул ведет к снижению их прочности и преждевременному разрушению;
- количество азота в сапропелях различных типов составляет 0,5-4,0 % от сухого вещества. Вследствие этого при использовании сапропеля в качестве удобрений необходимо повысить суммарное количество питательных веществ (NPK) не менее чем до 12 %, что требует внесение минеральных удобрительных добавок при производстве гранул.

Проведенные поисковые работы позволили определить параметры работы основного технологического оборудования и подготовить исходные данные для разработки пилотной установки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО ПОЛУЧЕНИЮ НАТУРАЛЬНОГО КОФЕ В ГРАНУЛИРОВАННОМ ВИДЕ

Н.П. Кононенко, В.Г. Колесникова

Одним из распространенных напитков в настоящее время является растворимый кофе. По данным российских экспертов доля зеленого кофе в растворимом кофе, который приобретает потребитель, составляет не больше 15%, остальное - красители, ароматизаторы, консерванты и т.д. Преимуществом в его применении является получение целой гаммы продуктов с использованием различных пищевых компонентов и практичность при их приготовлении потребителями. Натуральный кофе не имеет этих недостатков, однако при его использовании потребителем требуются затраты времени на измельчение зерен и его варку.

В связи с этим возникла необходимость в разработке технологии и аппаратурного оформления получения натурального кофе быстрого приготовления в гранулированном виде. Проведенный нами, совместно со специалистами Сумского Национального аграрного университета, цикл поисковых научно-исследовательских работ позволил определить исходные требования к качеству сырья, характеристики полуфабрикатов и основные показатели технологического режима получения натурального кофе быстрого приготовления в гранулированном виде.

В ходе проведенных исследований было отмечено:

- влияние качества помола на скорость процесса экстракции при приготовлении напитка;
- влияние способов размола и дробильного оборудования на вкусовые характеристики получаемого продукта;
- влияние режимов получения готового гранулированного продукта на интенсивность окислительных процессов, проходящих на разных стадиях производства;
- наиболее оптимальный размер частиц помолотого кофе для приготовления напитков является 10-40 мкм;
- наиболее оптимальный размер гранул молотого натурального кофе для приготовления напитков, не требующих варки, является 0,8-1,5 мм;
- влияние других пищевых компонентов на кинетику процессов дробления и гранулирования;
- что время приготовления напитка зависело не только от качества помола, но и от сортов используемого кофе.

По результатам разработки были наработаны опытные партии гранулированного натурального молотого кофе и пищевых продуктов на его основе, которые прошли экспертизу, и получили высокую оценку у дегустаторов.

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОЗБЕРЕЖЕНИЯ ПРИ КЛАССИФИКАЦИИ И ОХЛАЖДЕНИИ ГРАНУЛИРОВАННОГО СУПЕРФОСФАТА

Н.П. Юхименко

СНАУ, кафедра технологического оборудования пищевых производств

В производстве гранулированного суперфосфата продукт после гранулирования подвергают грохочению для выделения товарной фракции и последующему охлаждению в аппаратах псевдоожиженного слоя. На каждой из данных стадий производства образуются достаточно большие объемы запыленного газа: при охлаждении – до 20-50 тыс. м³/ч, аспирации грохотов и элеваторов – до 10-15 тыс. м³/ч. Наряду с уменьшением количества аспирационного воздуха следует также рассматривать возможности утилизации тепла этого воздуха, нагревающегося при контакте с горячими (до 40-50 °С) гранулами в элеваторах и грохотах. В связи с этим возможны следующие пути утилизации тепла отходящих газов: утилизация тепла в выносных теплообменниках-рекуператорах с последующей рециркуляцией охлажденного воздуха; рециркуляция нагретого отходящего воздуха от системы аспирации и охладителя с последующей его подачей в качестве вторичного в барабанный гранулятор-сушилку; утилизация тепла путем прямого контакта горячего материала и отходящего нагретого воздуха с оребренными теплообменными трубами, установленными в кипящем слое охладителя.

Первый путь для данного производства неприемлем, так как для утилизации низкопотенциального тепла очень больших объемов запыленного газа, требуются рекуператоры со значительными поверхностями теплообмена, а это увеличивает капитальные и эксплуатационные затраты. В отходящих газах содержится большое количество водяных паров, точка росы которых находится в пределах 60-65 °С. При охлаждении газа это приведет к налипанию суперфосфатной пыли на теплообменную поверхность и ее повышенному коррозионному износу.

Рекуперация отходящих газов как метод регенерации теплоты уже в достаточной степени апробирован в промышленности и является показателем экономической и экологической эффективности производства. Однако утилизация тепла аспирационного воздуха и отходящего после охладителей, как показывают расчеты, затруднена в связи с их значительным количеством (соответственно 15 и 35 тыс. м³/ч), которые не согласуются с количеством воздуха, необходимого для разбавления топочных газов до необходимой температуры сушки (15 – 16 м³/ч). В данном случае целесообразно отделить аспирационный воздух от отходящего после охладителей и использовать его в качестве вторичного для топок, что дало бы экономию топлива. При этом содержащаяся в аспирационном воздухе пыль не повлияет на режим работы горелки, так как он не будет использован для сжигания.

Однако такой подход применительно к существующей технологической схеме не приведет к экономии, так как нужна достаточно разветвленная сеть газопроводов между грохотами, элеваторами и нагнетателем воздуха в топку, система заслонок и дополнительный напорный вентилятор для обеспечения достаточной скорости газа в трубопроводах. Кроме этого сохраняется необходимость в отдельной системе очистки от пыли и фтористых соединений отходящих газов после охладителя. В связи с этим возрастут капитальные затраты на осуществление указанных мероприятий и период окупаемости явно будет высоким.

Поскольку количество отходящего воздуха после охладителя больше количества аспирационного и имеет температуру не ниже 45-50 °С, то он имеет более высокий потенциал для утилизации. Его можно полностью использовать в качестве топочного воздуха для гранулятора (по расчету около 30 тыс. м³/ч), однако необходимость в дополнительном оборудовании для его качественной очистки от пыли не может считаться практичным подходом.

Эффективным следует считать установку в рабочем объеме охладителя теплообменных контактных элементов с целью утилизации тепла от горячего материала, но только в случае значительной (выше 100 °С) разницы между средними температурами частиц в кипящем слое и охлаждающего воздуха. При охлаждении гранул с начальной температурой не выше 90-100 °С эффективность данного способа утилизации тепла будет низкой, а капитальные затраты на водопроводную сеть и дополнительные насосы для перекачки охлаждающей воды явно превысят эффект от экономии энергоресурсов.

Таким образом, из выше приведенного анализа следует, что в условиях существующей технологической линии применение одного из основных путей утилизации тепла сопряжено со значительными капитальными и эксплуатационными затратами, основная причина которых заключается в больших объемах отработанного газа с малой концентрацией пыли (до 5-10 г/м³) и низкой температурой (до 50 °С).

Одним из путей уменьшения количества запыленного газа в производстве гранулированного суперфосфата является обеспыливание продукта на выходе из БГС перед их дальнейшей технологической обработкой. Выделение пылящих фракций (менее 1 мм) на грохотах не эффективно, поскольку горячие гранулы после БГС имеют склонность к слеживаемости и слипаемости, а это способствует забиванию ячеек нижнего сита и пыль, попадая в надрешеточный продукт, является источником дополнительного пылеобразования. В этом случае целесообразно применять пневмосепарацию, при которой из взвешенного газовым потоком слоя материала удаляются высокодисперсные и мелкие фракции. Отсутствие в продукте пылевидных фракций существенно повысит интенсивность грохочения и, соответственно, производительность грохота. Существенное уменьшение нагрузки на нижние сита грохотов (или даже его отсутствие) продлевает сроки эксплуатации грохота и межремонтный период. Поэтому

преимущества пневмосепарации продукта перед его основной технологической обработкой заключается еще в том, что наряду с обеспыливанием одновременно проводится и охлаждение продукта.

Охлаждающий воздух отнимает 30-40% от общего количества тепла, нагреваясь при этом от 20 до 60-70 °С, то есть имеет достаточный потенциал для утилизации его тепла. Одним из путей достижения этого является возврат отходящего воздуха в топку гранулятора в качестве вторичного. Для БГС 4,5x16 производительностью 20 – 30 т/ч избыточным является воздух в количестве 15 – 20 тыс. м³/ч. Этот воздух можно заменить в полном объеме отходящим воздухом после охладителя, так как его удельный расход для полочных аппаратов составляет 0,5 – 0,7 м³/кг. Тогда экономия природного газа от снятия теплового потенциала (60 °С) отходящего воздуха в количестве 15 тыс. м³/ч, подаваемого в качестве избыточного в топку, составит 20 – 25 м³/ч на каждый гранулятор. На некоторых предприятиях практикуется подача аспирационного воздуха в газоход отходящих газов после БГС, что увеличивает нагрузку на вытяжной вентилятор после гранулятора из-за более высокого объема газов. Подача же аспирационного воздуха в качестве вторичного в топку, составит экономию электроэнергии до 20 % (вытяжной вентилятор перекачивая до 80 – 100 тыс. м³/ч и потребляя 450 – 650 кВтч даст экономии до 90 – 120 кВтч электроэнергии).

Таким образом, совмещение процессов охлаждения и пневмокласификации (обеспыливания) гранулируемого продукта в одном устройстве позволяет:

- 1) повысить эксплуатационную надежность грохота за счет ликвидации нижнего сита или, по крайней мере, снижения нагрузки на него по мелкой фракции, а также уменьшения налипания на сетки при обработке охлажденных гранул;
- 2) ликвидировать систему аспирации (при содержании в продукте после БГС не более 20% фракции – 1мм) или значительно (до 80%) снизить объемы аспирационного воздуха в операционных отделениях производства;
- 3) организовать подачу отходящего воздуха (60-70 °С) после охладителя-пневмокласификатора в качестве вторичного в топку БГС, что позволит в среднем на 2% снизить расход природного газа;
- 4) снизить удельный расход охлаждающего воздуха на 40-60%, что позволит уменьшить электропотребление напорного вентилятора для охладителя на соответствующую величину;
- 5) ликвидировать пылегазоочистную систему (циклон-скруббер-вытяжной вентилятор) после охладителя.

Следует отметить, что вышеприведенный анализ в какой-то мере применим к производствам других видов гранулированных удобрений с применением БГС, и задачей дальнейших исследований будет обобщение основных направлений энергосбережения в целой отрасли.

О ПЕРЕРАБОТКЕ НИЗКОКАРБОНАТНОЙ СИРИЙСКОЙ ФОСФАТНОЙ РУДЫ НА ФОСФОРНУЮ КИСЛОТУ

*Э.А. Карпович, С.В. Вакал, Н.И. Малий
(Сумский ГосНИИ минеральных удобрений и пигментов)*

Сирийский фосфоритовый концентрат, поставляемый на Украину содержит 29,6-30,5 % P_2O_5 , 48-52 % CaO , 5,8-6 % CO_2 , 4-8 % SiO_2 . По содержанию тяжелых металлов он удовлетворяет жестким нормативными требованиям Украины. Указанное сырье перерабатывается на фосфорную кислоту и удобрения с высокими технико-экономическими показателями. Однако увеличение поставок качественного фосфорита ограничено мощностью карьера и участка обогащения. В тоже время у поставщика образуется определенное количество не востребованной, труднообогатимой руды. В такой руде содержание P_2O_5 колеблется от 24 до 27 %.

Цель исследований - оценить возможность переработки на удобрения и фосфорную кислоту труднообогатимой фосфатной руды Сирии.

В работу поступили два образца руды в виде кусков размером до 160 мм с визуально несовпадающими минералогическими характеристиками. Образцы руды размолоты до частиц с размером менее 0,5 мм. Согласно анализу один продукт размолы содержал 26,5 % P_2O_5 , 40,9 % CaO , 3,0 % CO_2 и 21,7 % нерастворимого в HCl остатка. Данный образец (низкокарбонатный) признан потенциально пригодным для получения фосфорной кислоты в отличие от другого образца, у которого содержание CO_2 превышало 8% при содержании P_2O_5 менее 25 %. В тоже время оба образца руды признаны непригодными для получения аммонизированного суперфосфата.

При переработке на ЭФК низкокарбонатной руды выявлены условия обеспечивающие высокий коэффициент разложения фосфатной части сырья. (K_p в пределах 96-97 %). При этом расход серной кислоты на 1 т P_2O_5 оказался ниже, чем при переработке типового сирийского фосфорита. Пульпа разложения данной руды, при толщине слоя гипса 40-45 мм имела приемлемую скорость фильтрации. Важно, что стадия разложения велась без подачи пеногасителя. Нароботан образец ЭФК с концентрацией 26,5% P_2O_5 . Из кислоты получен аммофос следующего состава: N-11,2 %, P_2O_5 _{общ}-51,1 %, P_2O_5 _{усв}-50,3 %, P_2O_5 _{в.р.} - 48,4 %, нерастворимого в HCl остатка-0,03 %.

При исследованиях установлено, что нерастворимые в кислоте примеси выводятся из технологии с фосфогипсом. Содержание в фосфогипсе инертных составило 13-16 %. Поэтому масса образующегося фосфогипса на 1 т 100 % P_2O_5 больше, чем при переработке фосфорита рядовой поставки.

Таким образом низкокарбонатную фосфатную руду можно использовать для производства ЭФК. Но для переработки ее следует принимать только размолотой до частиц, размер которых не более 0,5 мм.

Экономически целесообразно фосфатную руду перерабатывать в том случае, если стоимость в ней 1 т P_2O_5 будет ниже не менее чем на 3 % по отношению к стоимости 1 т P_2O_5 в фосфорите рядовой поставки.

КІНЕТИЧНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОТО(КО)ПОЛІМЕРИЗАЦІЇ МОНО- І ДИ(МЕТ)АКРИЛАТІВ ДО ГЛИБОКИХ КОНВЕРСІЙ

Г.І.Хованець, І.Ю.Євчук

Відділення фізико-хімії горючих копалин
Ін-т ФОВ ім. Л.М.Литвиненка НАНУ, Львів

Полімерні матеріали, що отримуються на основі одного мономеру, як правило, не завжди задовольняють цілий комплекс вимог, які диктує сучасна технологія. Тому найбільш широке застосування можуть знайти композиції на базі різноманітних за природою і функціональністю комономерів. Експериментальні роботи з кінетики фотоініційованої кополімеризації моно- і поліфункціональних (мет)акрилатів мають епізодичний характер, а теоретичні роботи, які б повністю описували процес до глибоких конверсій, відсутні. Тому, поставлене нами завдання є актуальним як в теоретичному, так і в експериментальному аспектах, і робить можливим створення нових технологій синтезу полімерних матеріалів та одержання полімерних плівок з наперед прогнозованими властивостями для використання в різних галузях.

Ось чому нами досліджувались кінетичні закономірності процесів радикальної фотоініційованої полімеризації таких мономерів, як триетиленглікольдиметакрилату (ТГМ-3), 1,6-гександіолдіакрилату (ГДДА), гліцидилметакрилату (ГМА), 2-гідроксиетилметакрилату (ГЕМА) та їх кополімеризації у наступних системах: ТГМ-3 – ГМА, ГЕМА – ГМА та ГДДА – ТГМ-3 при співвідношеннях компонентів 4:1, 2:1, 1:1, 1:2 і 1:4 в тонких шарах до глибоких конверсій залежно від концентрації фотоініціатора та інтенсивності УФ-опромінення. Кінетичні дослідження проводили методом лазерної інтерферометрії. Для ініціювання процесу використовували фотоініціатор 2,2-диметокси-1,2-дифеніл-1-он (IRGACURE 651).

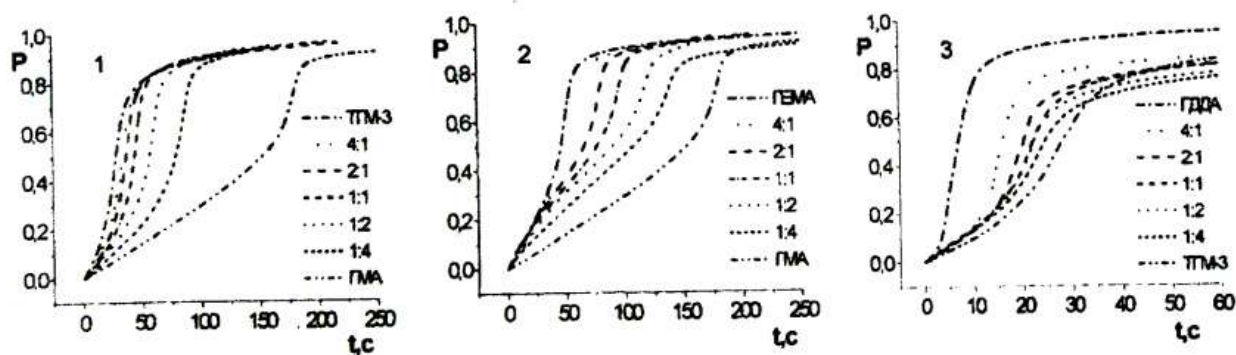


Рисунок. Кінетичні криві фото(ко)полімеризації систем ТГМ-3 – ГМА (1), ГЕМА – ГМА (2) та ГДДА – ТГМ-3 (3) при $t = 15^{\circ}\text{C}$ в присутності фотоініціатора IRGACURE 651 2% мол. та інтенсивності УФ-опромінення 17 Вт/м^2 залежно від їх складу.

На рисунку для прикладу показано експериментальні залежності конверсії від часу кополімеризації в трьох системах. Виявлено низку як загальних закономірностей, так і деякі відмінності проходження процесу в залежності від функціональності комономерів в системі.

ВПЛИВ КОБАЛЬТ (III) АЦЕТИЛАЦЕТОНАТУ НА КІНЕТИКУ БІМОЛЕКУЛЯРНОГО ОБРИВУ ЛАНЦЮГА В ТВЕРДИХ ПОЛІМЕРНИХ МАТРИЦЯХ

О.С. Голдак, А.Р. Киця, О.Ю. Хавунко, Л.І. Базиляк
Відділення фізико-хімії горючих копалин
Ін-т ФОВ ім. Л.М. Литвиненка НАНУ

Основними напрямками фундаментальних і прикладних досліджень з точки зору хімії високомолекулярних сполук є розробка нових і вдосконалення вже існуючих полімерних матеріалів, а також прогнозування властивостей кінцевих продуктів полімеризації. Тому контролювання кінетики радикальної полімеризації, а саме – реакцій передачі та обриву ланцюга, має визначальне значення. Каталізаторами процесу передачі ланцюга можуть слугувати комплексні сполуки перехідних металів [1].

Методом ЕПР-спектроскопії нами досліджена кінетика бімолекулярного обриву ланцюга в твердих полімерних матрицях на основі 2,3-епоксипропілметакрилату (ГМА) в присутності кобальт (III) ацетилацетонату ($Co(acac)_3$). Встановлено, що спектри “захоплених” (“trapped”) матрицею радикалів відповідають спектру метакрилового радикалу (див. рисунок).

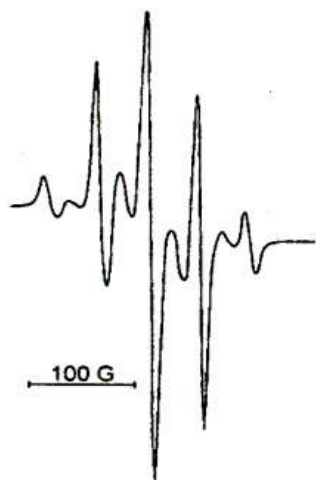


Рисунок - ЕПР-спектр метакрилового радикалу в полімерній матриці

При вивченні температурної залежності констант швидкості бімолекулярного обриву ланцюга виявлено, що енергія активації та передекспоненційний множник в рівнянні Арреніуса для такого процесу в присутності $Co(acac)_3$ є дещо вищими. З використанням рівняння Смолуховського та Ейнштейна, а також фрактальної залежності конформаційного радіуса макрорадикалу від ступеня його полімеризації, і з врахуванням отриманих експериментальних даних, нами розраховані коефіцієнти дифузії макрорадикалів в досліджених полімерних матрицях, значення яких складають $3,4 \cdot 10^{-18} \text{ м}^2/\text{с}$ та $3,1 \cdot 10^{-17} \text{ м}^2/\text{с}$ (при 60°C) для полімеру без додатків комплексу кобальту та в присутності $Co(acac)_3$ відповідно. На нашу думку,

такі значення вказують на меншу молекулярну масу макрорадикалів, причиною зниження якої може бути реакція каталітичної передачі ланцюга.

[1] В.П. Рощупкин, А.А. Батурина, М.П. Березин, А.И. Кузаев, Д.П. Кирюхин. Реакция каталитической передачи цепи в синтезе макрономеров и разветвленных полифункциональных олигомеров: итоги и перспективы исследований // *Материалы IX Межд. конф. “Олигомеры-2005”*, Москва-Черноголовка-Одесса, 2005. - 27 с.

**ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ У
МАШИНОБУДУВАННІ**

ТЕСТОВЫЙ КОНТРОЛЬ ЗНАНИЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

А.Н. Алексеев, А.Ю. Ковынев

Реализация Болонского процесса на Украине, курс на повышение роли самостоятельной работы студента, предъявляют повышенные требования к качеству методического обеспечения учебного процесса. Важным в связи с этим является совершенствование методики тестового контроля и применение компьютеризированного контроля, т.к. именно они могут предоставить студентам эффективное средство самоконтроля и обеспечить возможность самостоятельно подтвердить или опровергнуть собственное, может быть ошибочное, представление об уровне полученных в результате самоподготовки знаний.

Для проектирования методического обеспечения тестового контроля знаний на кафедре Металлорежущих станков СумГУ разработана программа SSUquestionnaire, предназначенная для генерации тестов, используемых при компьютеризированном контроле знаний. Исполняющей средой является платформа Microsoft .NET 2.0, программы разрабатывались на языке C#, в среде Microsoft Visual Studio 2005. Комплекс состоит из оболочки для набора и редактирования тестов, и WWW-модуля. Корректность работы гарантируется на платформе Microsoft Windows 2000/XP/2003. WWW-сервер Microsoft Internet Information Services 5.1 и выше, браузером при сдаче теста может быть Internet Explorer версии 5.5 и выше (тестировалось в Microsoft Internet Explorer 6.0)

В сетевой версии программы реализовано:

- алгоритмы нечеткой логики, что позволяет при ответе оперировать не только классическими значениями логических переменных "ложь" и "истина", но и употреблять их промежуточные значения, плавно переходящие от одного крайнего значения ("ложь") к другому крайнему значению ("истина");
- учет результатов тестирования и на этой основе расчет вероятностных характеристик, определяющих необходимость внесения изменений в формулировку или удаления отдельных вопросов (разделов курса);
- автоматизированное проектирование типовых вопросов (по типам : "Сопоставление", "Классификация", "Позиционирование", "Ввод символов", "Подтверждение", "Выбор ответа", "Подстановка", "Упорядочивание", "По ключевым словам", "Исправление", "Последовательный выбор", "Последовательность действий"), что дает возможность выбрать формулировку вопроса в наибольшей степени соответствующую сущности тестового задания;

Программа имеет русский, украинский, англоязычный интерфейс и файлы помощи с подробным описанием методики и технологии работы.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ПЛОСКОШЛИФОВАЛЬНОГО СТАНКА МОД. ЗГ71 ДЛЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ МЕТОДОВ ШЛИФОВАНИЯ

Д.М. Алексеенко, Ю.В. Бундюк

При электроабразивном шлифовании (ЭАШ) обработка ведётся токопроводящим шлифовальным кругом, как правило, из сверхтвёрдых материалов, что позволяет увеличить производительность обработки, например, твёрдого сплава в 5-8 раз по сравнению с обычными шлифовальными станками.

Кроме высокой производительности и качества поверхности этот способ обработки позволяет решить множество проблем, возникающих при обработке труднообрабатываемых материалов.

Для АЭШ плоских поверхностей изделий существует станок модели ЗЭ731, который может работать по схеме как глубинного, так и многопроходного шлифования, в условиях прямой и обратной полярности. Однако, приобретение такого станка в настоящее время затруднено по целому ряду объективных причин, поэтому наиболее целесообразно использование ЭАШ на обычном станке мод. ЗГ71.

Модернизация станка заключается в электроизоляции шлифовального круга от основных узлов станка, соответствующем подводе к кругу и изделию электрического тока, оснащении системой подачи и очистки электролита, воздухоочистительным агрегатом.

Предложенная конструкция предусматривает параллельное или же полностью самостоятельное воздействие на рабочую поверхность круга вне зоны резания автономным электродом с помощью анодного растворения связки. Непрерывное разрушающее воздействие позволяет управлять интенсивностью удаления поверхностных слоёв прочных связок и продуктов обработки для стабилизации рельефа при обработке любых материалов.

Особенностью разработки является оснащение станка источником энергии малой мощности, которой достаточно для поддержания соответствующего рельефа рабочей поверхности для выбранного технологического режима.

Целью рассматриваемого процесса является достижение стабильных условий, в которых отсутствует задача удаления со связки продуктов обработки, а разрушение связки минимально за счёт формирования устойчивой неразрушаемой окисной плёнки.

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РЕЖУЩЕГО ЛЕЗВИЯ С МАЛЫМИ УГЛАМИ ЗАОСТРЕНИЯ

Д.М. Алексеенко, А.В. Ковалёв

Формирование режущего лезвия рассматривается нами на примере заточки бумаго- и деревообрабатывающих ножей из инструментальных сталей 9ХФ, 9ХС с углами заострения от 17 до 22° как в производственных условиях на специальном оборудовании, так и в лабораторных на универсальных станках.

Особенностью износа инструмента является не только образование соответствующего радиуса округления режущей кромки, а и существенное смещение вершины инструмента в направлении, перпендикулярном плоскости резания, что при длительной эксплуатации ножей и малых припусках на заточку формирует прогрессирующий в увеличении отрицательный задний угол. Образование отрицательного заднего угла, в отличие от исходного «а»=0, вызывает увеличение нормальной составляющей силы резания, которая приводит к отжатию кромки от плоскости реза, что в итоге уменьшает точность обработки и увеличивает нагрузку на оборудование.

Другой особенностью износа является его неравномерность по длине режущей кромки, которая чётко выражена на рабочем участке, соответствующем размеру разрезаемого изделия. Часто длина рабочего участка бывает почти вдвое меньше длины режущей кромки, поэтому при заточке инструмента приходится удалять существенный припуск, учитывающий не только восстановление радиуса округления, но и обеспечивающий заданный задний угол и прямолинейность кромки по всей её длине.

Нами предлагается на фоне высокой трудоёмкости периодической заточки использовать метод, обеспечивающий максимальный период стойкости, вплоть до режима самозатачивания, с последующим высокопроизводительным фрезерованием припуска перед заточкой на одном и том же ножеточильном станке.

Эффективность использования такого подхода заключается в резком сокращении количества переточек и простоя оборудования при замене инструмента, увеличение производительности которого не соизмеримо по затратам на инструмент. Большой период стойкости инструмента достигается сочетанием максимально возможного качества заточки, обеспечивающего сохранение исходных физических свойств материала и периодического подтачивания лезвия в процессе его эксплуатации на этапе его равномерного устойчивого износа.

Существенный размерный износ лезвия происходит в условиях длительного сохранения геометрических его параметров.

К ВОПРОСУ О ВЫБОРЕ ОПТИМАЛЬНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ГЛУБОКИХ ПАЗОВ

Д.Г. Голдун, А.Г. Сердюк

Обработка пазов фрезерованием является трудоемкой задачей, особенно если отношение глубины паза к его ширине больше 1. Задача усложняется, если пазы необходимо обработать в заготовках из нержавеющей и/или закаленной стали. Глубокие пазы широко используются в деталях клапанов компрессора высокого давления. Геометрические размеры пазов находятся в пределах: ширина d от 5 до 13 мм, глубина h от $2d$ до $5d$. Основными требованиями, предъявляемыми к пазам, является точность ширины паза, шероховатость обработанной боковой поверхности, точность взаимного расположения пазов. Основной трудностью при изготовлении пазов с указанными требованиями является как обеспечение качества обработки, так и производительности производственного процесса. Зачастую качество достигается за счет уменьшения подачи и скорости резания, а, следовательно, и производительности обработки.

Целью работы является повышение производительности при обработке глубоких пазов.

Допускаемая ширина фрезерования концевой фрезой не превышает её диаметра, но рекомендуемая составляет 0.5 диаметра. В противном случае происходит увеличение вероятности поломки фрез вследствие увеличения нагрузки на неё. Усложняется удаления стружки, происходит значительное увеличение отклонения оси паза от заданной траектории, увеличиваются вибрации. Устраняют эти вредные явления уменьшением подачи.

В общем случае глубокие пазы обрабатывают за несколько проходов. Выделяют три различных способа реализации этой технологии:

- фрезерование с шириной, равной половине диаметра фрезы;
- фрезерование с маятниковой подачей;
- фрезерование зигзагом.

Характерным для всех способов является необходимость чистового прохода, уменьшающего шероховатость обработанной поверхности и устраняющего макродефекты боковой поверхности, оставшиеся вследствие различных условий резания на различных проходах, а также исправления конусности паза по высоте.

Для реализации поставленной задачи в работе выполнен анализ производительности и точности при обработке пазов, разработаны и проверены на практике рекомендации по режимам резания, разработан алгоритм выбора технологических переходов для обработки глубоких пазов в конкретных условиях, разработано программное обеспечение, позволяющее автоматизировать этот процесс.

К ВОПРОСУ О РАЗРАБОТКЕ АДАПТИВНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ФРЕЗЕРНЫМ СТАНКОМ С ЧПУ

Д.Г. Голдун, Р.Б. Бабенко

В связи с широким распространением станков с ЧПУ возникает необходимость дальнейшего их совершенствования.

Проектирование высокоэффективных систем управления сложными динамическими объектами требует учета многих факторов, влияние которых ранее в теории и практике не учитывалось (или учитывалось слабо). Рост производительности труда, качества продукции, экономической эффективности производства за счет его автоматизации и повышения эффективности процессов управления становятся практически единственными источниками дальнейшего развития производства.

Одним из возможных путей является создание адаптивных систем управления процессом обработки.

В современной теории управления особое место занимают гибридные адаптивные системы, чему способствует множество объективных факторов. С одной стороны, развитие современного производства и повышение его эффективности неизбежно ведет к интенсификации и автоматизации производства, связанными с усложнением объектов управления. Резко возрастает объем вычислительных работ, необходимый для определения управляющего воздействия, которое должно воспроизводиться системой управления; увеличивается время сбора, обработки и выдачи информации. С другой стороны, постоянно совершенствуются и удешевляются средства микроэлектроники и вычислительной техники, улучшаются качественные показатели цифровых вычислительных машин и устройств цифровой техники такие как: вес, габариты, надежность, мощность и т.п., что позволяет использовать эти средства в качестве встроенных элементов систем автоматического управления. В результате в настоящее время основным базовым элементом при построении адаптивных контуров в системах автоматического управления является ЭВМ.

Для этого разработана структурная схема реализации данного подхода в условиях концевой фрезерования. Разработаны алгоритмы, позволяющие принимать решения об изменении подачи и остановке процесса. В качестве контролируемого параметра использована мощность резания, измеряемая на шпинделе станка в режиме реального времени. Подача на фрезе регулируется таким образом, чтобы поддерживать постоянную мощность на шпинделе.

Рассмотренная концепция реализована на базе системы ЧПУ WL4T станка 6Н13. Измерение мощности производили посредством измерения фазного тока и напряжения в цепи питания асинхронного двигателя главного движения. Полученный сигнал оцифровывали с помощью платы ET1222 и вычисляли среднюю по 10 периодам мощность. ЭВМ принимает решение о изменении режимов резания и подаёт сигналы в стойку ЧПУ, которая уменьшает подачу.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСТОЯННОЙ ВРЕМЕНИ СТРУЖКООБРАЗОВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

С.С. Емельяненко, В.Н. Козлов

В процессе резания имеет место отставание силы резания от изменения толщины среза. Это связано с инерционностью деформационных и тепловых процессов в зоне резания. Диаграммы устойчивости, полученные с учетом и без учета отставания показали существенное влияние последнего на диаграмму устойчивости. В особенности при скоростях до 200 м/мин, положительных передних углах и толщинах среза, соизмеримых с радиусом округления режущей кромки, пренебрежение недопустимо и может привести к ошибке прогнозирования допустимой ширины фрезерования более чем в 2 раза. Таким образом, для точного прогнозирования областей режимов резания устойчивого концевое фрезерования необходимо учитывать отставание силы резания от изменения толщины среза. Как известно данное отставание характеризует постоянная времени стружкообразования (ПВС). Предложенные В.А. Кудиновым соотношения для вычисления ПВС носят полуэмпирический характер, требуя экспериментального определения усадки стружки при данной толщине среза. Для упрощения ПВС предложено определять последнюю, используя моделирование процесса резания методом конечных элементов, по диаграмме возрастания толщины стружки, как время соответствующее 0,63 от установившейся силы резания.

Для определения влияния различных факторов на ПВС с помощью имитационного моделирования ПВС определена при различных режимах резания, различной геометрии режущего инструмента, различном коэффициенте трения и для различных инструментальных материалов. По полученным данным построены соответствующие зависимости. Зависимость ПВС от заднего угла показала относительно небольшое влияние заднего угла на ПВС. Установлено, что передний угол оказывает значительное влияние на ПВС. С увеличением переднего угла ПВС увеличивается, причем в десятки раз. Влияние фаски износа на задней поверхности на ПВС, также как и для заднего угла незначительно. ПВС линейно увеличивается с увеличением среднего коэффициента трения. При увеличении коэффициента трения от 0 до 1 ПВС увеличилось более чем в 3 раза. Увеличение скорости резания от 10 до 1000 м/мин уменьшает ПВС почти в 100 раз, причем при скоростях резания до 200 м/мин это влияние еще более значительно. Марка инструментального материала весьма незначительно (до $\pm 17\%$) влияет на ПВС. При уменьшении отношения толщины среза к радиусу округления режущей кромки менее чем в 2 раза происходит значительное (примерно в 4 раза) увеличение ПВС.

ОПРЕДЕЛЕНИЯ УСТОЙЧИВОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ АКУСТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

С.С. Емельяненко

Как известно в процессе концевго фрезерования возникают вынужденные и автоколебания технологической системы, которые существенно влияют на устойчивость процесса резания концевго фрезерования и как следствие свойства обрабатываемой поверхности и стойкость фрезы. При исправном оборудовании источником вынужденных колебаний являются повторяющиеся удары зубьев фрезы о заготовку, при этом частота колебаний соответствует частоте удара зуба фрезы. Источник же возникновения автоколебаний скрыт в самой системе, и их возникновение зависит от свойств системы, причем амплитуда и частота данных колебаний не зависит от внешней возбуждающей силы. Устранение вынужденных колебаний технологической системы невозможно, поскольку источник их возникновения является неотъемлемой составляющей процесса любого фрезерования. Автоколебания устранить возможно, путем подбора оптимальных режимов резания. Таким образом, для выявления автоколебаний технологической системы и дальнейшего прогнозирования областей режимов резания устойчивого концевго фрезерования нужна соответствующая методика.

Для определения наличия автоколебаний технологической системы (ТС) при концевом фрезеровании и изучения влияния различных факторов (режимов резания, геометрии инструмента, конструктивных особенностей инструмента и др.) на акустическое излучение (АИ), была разработана экспериментальная установка на базе вертикально фрезерного станка модели 6Р13Ф3 с системой ЧПУ 2С42. Регистрация АИ осуществлялась помощью приемника (микрофона) фирмы SHURE модели С606, помещенного в требуемую точку пространства рядом с зоной резания. Усиление и преобразование сигнала из аналогового в цифровой вид осуществлялось с помощью встроенной звуковой карты материнской платы модели GA-8GEM667. Запись сигнала производилась с помощью программы Sound Forge 7.0 с максимально допустимой частотой дискретизации для этого оборудования 44100 Гц. Дальнейшая обработка сигнала производилась с использованием программной среды Matlab 6.5.

Анализ литературы показал, что для получения достоверных результатов при анализе сигнала, обеспечения максимального быстродействия обработки сигнала и возможности соизмерения результатов при различных частотах вращения шпинделя, длительность сигнала АИ должна быть равна $N = 2^{\log_2(3 \cdot T) + 1}$, где T – период минимальной предполагаемой частоты сигнала (частоты удара одного зуба фрезы).

Оценку устойчивости концевое фрезерование предложено производить анализируя спектр АИ сигнала. Спектр, полученный с использованием дискретного преобразования Фурье, оказался неподходящим для решения данной задачи, в силу наличия большого количества шумов присутствующих в сигнале и невозможности определения преобладающей частоты сигнала и ее величины. Поэтому после анализа литературы для дальнейшего анализа сигнала по спектру АИ было предложено использовать метод основанный на корреляционном анализе сигнала.

Для дальнейшего анализа сигнала воспользуемся стандартным методом спектрального анализа методом Music (Multiple Signal Classification), который реализован в виде функции в программной среде Matlab 6.5. Он предназначен для определения частот и уровней (амплитуд или мощностей) гармонических составляющих. В основе метода лежит анализ собственных чисел и собственных векторов корреляционной матрицы сигнала. Спектр комплексной экспоненты, рассчитанный аналитически, представляет собой дельта-функцию, расположенную на соответствующей частоте. Спектр получаемый с использованием этого метода наглядно показывает преобладающие амплитуды частот АИ, что дает возможность легко проводить частотный анализ полученного сигнала АИ.

Анализ спектров АИ процесса концевое фрезерование с малыми глубинами и ширинами фрезерования показал высокий уровень АИ в диапазоне частот 20-130 Гц, что соответствует вынужденным колебаниям системы. Анализ, же спектров процесса концевое фрезерование с довольно большими глубинами и ширинами фрезерования показал, что часть из них имеют высокий уровень АИ в диапазоне частот 1.5-5 кГц при этом наблюдался рост вибраций ТС, и появление характерного высокочастотного писка, что соответствует наличию автоколебаний системы. Таким образом, оценивать устойчивость процесса резания концевое фрезерование, предложено сравнением величины уровня АИ в диапазоне частот вынужденных колебаний 20-130 Гц и величины уровня АИ в диапазоне частот автоколебаний 1.5-5 кГц. В случае преобладания первого считаем, что процесс является устойчивым. В случае же, когда преобладает второй уровень считаем, процесс является неустойчивым.

Используя данный критерий, был проведен анализ спектров сигналов АИ концевое фрезерование полученных при различных режимах резания, с целью построения диаграмм устойчивости ТС. Была получена диаграмма устойчивости системы в зависимости от изменения частоты вращения шпинделя и ширины фрезерования, а так же диаграмма устойчивости системы в зависимости от изменения частоты вращения шпинделя и глубины фрезерования при прочих равных условиях. Форма диаграмм устойчивости имеет характерную пикообразную форму, и схожа с диаграммами устойчивости полученными аналитическим путем как зарубежными, так и отечественными авторами.

3D МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ НА КУЛАЧКОВЫХ АВТОМАТАХ ПРОДОЛЬНОГО ТОЧЕНИЯ

Р.Н. Зинченко, Ю.Ю. Купрацевич

Станки токарной группы, работающие в автоматическом и полуавтоматическом режимах, предназначаются для обработки разнообразных поверхностей тел вращения из штучных или прутковых заготовок. Здесь широко используются высокоэффективные технологические способы обработки элементарных поверхностей: обработка широкими резцами с поперечной подачей, обтачивание фасонными резцами наружных и внутренних поверхностей, применение резьбонарезных головок и т. д.

Применяется концентрация обработки заготовки несколькими инструментами одновременно: двумя и более резцами, резцами и сверлом и т. п. Сочетание указанных и других приемов позволяет быстро и точно вести обработку, Вместе с тем, все эти инструменты должны вступать в работу в нужный момент, а одновременно работающие инструменты должны быть определенным образом расположены. Для обеспечения этого требуются дополнительные затраты времени и материальных средств, что делает рациональным использование подобного оборудования лишь при достаточно большой программе выпуска, г. е. в условиях массового, крупносерийного и серийного производства. В этих случаях сокращение времени обработки заготовок по сравнению со временем обработки на универсальных станках вполне компенсирует затраты на наладку автомата или полуавтомата и сокращает трудовые затраты на изготовление партии деталей.

Автоматы модели ВТ-641 это одношпиндельные автоматы с пятью режущими инструментами расположенными в одной плоскости и управляемые с помощью кулачков.

При изготовлении любых одинаковых деталей на данном станке может быть выделен так называемый рабочий цикл, т.е. периодическая повторяемость отдельных действий и движений. Здесь непосредственное воздействие исполнительного механизма на объект обработки чередуется с действиями, не приводящими к изменению формы, свойств и размеров заготовки, т.е. время рабочего цикла T можно разделить на время рабочих ходов и время холостых ходов.

За время рабочего цикла автомат, как и любой другой металлорежущий станок, обрабатывает одну деталь. Способ осуществления рабочего цикла характеризует станок как автомат, так как для повторения рабочего цикла не нужно вмешательство рабочего.

Однако как уже отмечалось выше, одной из особенностей автоматов данного типа есть сложность наладки на выпуск определенной детали, а так

же сложность повторной переналадки. Поэтому становится актуальным вопрос создания модели процесса обработки детали, на таких станках.

Проблема подготовки данных для изготовления кулачков заключается в значительной трудоемкости процесса построения эскиза профиля кулачка. Так как для этого необходимо рассчитать координаты большого количества точек, определяющих профиль кулачка. Решением этой проблемы является создание специальной САПР, которая в качестве входных параметров будет принимать параметры создаваемой детали, а на выходе будет файл с данными для построения кулачков.

После того, как кулачки спроектированы, и готовы их эскизы, следует процесс изготовления кулачков и их проверка на станке. В случае если кулачки были спроектированы неверно, их изготовление и дальнейшая эксплуатация являются заведомо убыточными для производства и в самом лучшем случае, кулачки можно исправить, без переделки, что тоже несет дополнительные затраты. Чтобы избежать этих неприятных моментов, для проверки правильности построения кулачков должна существовать так называемая «обратная связь». То есть фактически, должна осуществляться проверка, получим ли мы исходную деталь с заданными точностными требованиями, по спроектированным кулачкам. Для этих целей разрабатывается программное обеспечение, которое сделает процесс проверки кулачков простым и быстрым, а также сможет визуально отобразить процесс обработки детали на станке.

Рассмотрим основные этапы работы данной программы.

1. Исходные данные

В качестве исходных данных выступают конфигурация кулачков и ориентация их на станке. Данные о конкретном кулачке хранятся в текстовых файлах, вида `kulachoki.txt`, где i – номер кулачка и представляют собой набор опорных точек профиля кулачка в полярной системе координат. Информация об ориентации кулачков на станке хранится в конфигурационном файле `detail.ini` и по сути является набором параметров: $l_1, l_1, l_1, l_1, l_1, \alpha_1, \alpha_2$ (рисунок 1). Также в файле `detail.ini` хранится информация о заготовке. Так как предполагаемый вид заготовки – пруток, то необходимо знать его диаметр, численное значение которого и хранится в этом файле.

2. Построение кулачков и исходной заготовки

По исходным данным о кулачках путем интерполяции получаем координаты промежуточных точек профиля кулачков. Координаты центров кулачков определяем из информации об ориентации кулачков на станке.

Построение кулачков осуществляется в 3-х мерной среде (рисунок 2). Также осуществляется и построение заготовки, которая представляет собой цилиндр заданного диаметра.

3. Расчет траекторий режущих инструментов

Для каждого РИ рассчитывается траектория движения относительно заготовки. Зная конфигурацию кулачков, можно в каждый момент времени рассчитать координаты вершины РИ.

4. Расчет конечного профиля детали

На основе рассчитанных траекторий режущих инструментов определяем профиль детали, получаемый в результате обработки. Это делается следующим образом. Траектория каждого инструмента, может быть представлена, как замкнутый контур – многоугольник. Профиль заготовки – также многоугольник (изначально это просто прямоугольник). Конечный профиль детали – определяется как результат отсечения многоугольника представляющего заготовку, многоугольниками, соответствующими траекториям режущих инструментов.

5. Визуализация

Кроме отображения в 3-х мерной системе координат кулачков, детали, режущего инструмента возможна визуализация самого процесса обработки.

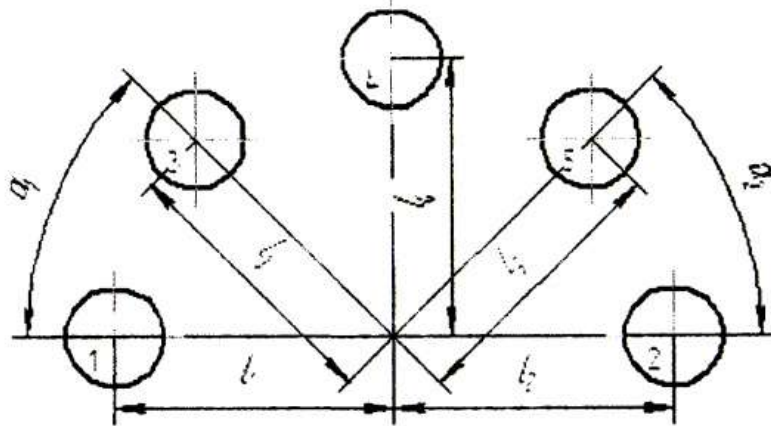


Рисунок 1 – Ориентация кулачков на станке

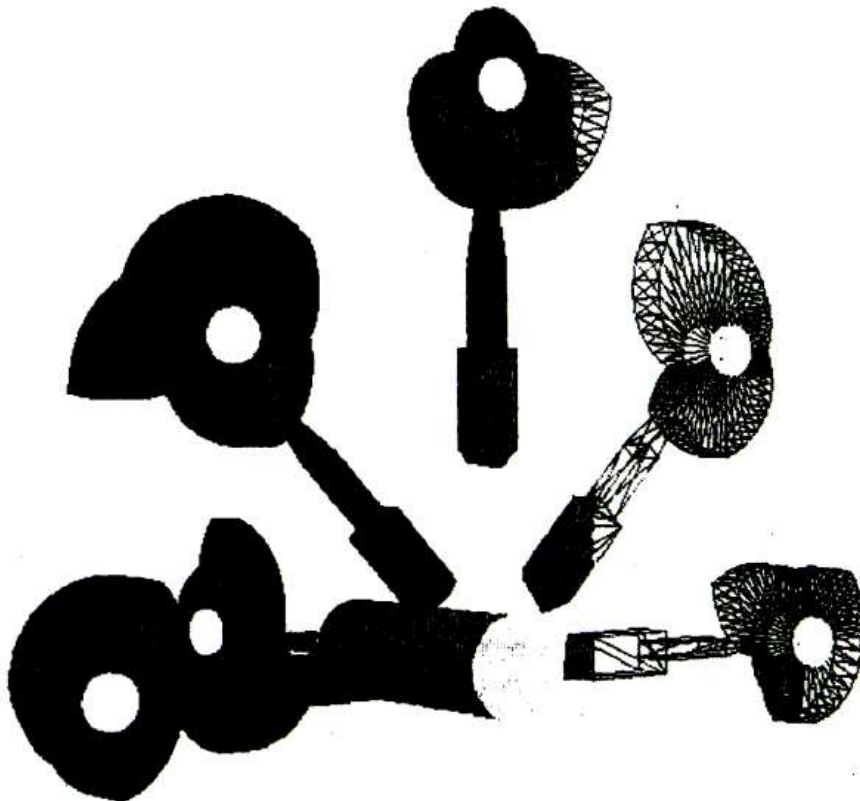


Рисунок 2 – Отрисовка кулачков

СТАНКИ НА ОСНОВЕ МЕХАНИЗМОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КИНЕМАТИКИ

Н.Н. Коротун, А.И. Булюк

Развитие современного машиностроения привело к созданию станков новой концепции на основе механизмов параллельной кинематики. Такое оборудование призвано решать одну из основных задач, а именно создание более эффективных, более многофункциональных машин, которые бы обеспечивали более высокую надежность, точность и жесткость. Технологические машины на основе механизмов параллельной кинематики обладают более высокой жесткостью и точностью перед станками традиционного исполнения. Станки разных фирм имеют различные компоновки, конструкции и расположения кинематических ветвей, отличаются наличием дополнительных устройств, другими конструктивными особенностями. Можно выделить множество параметров, характеризующих станки на основе механизмов параллельной кинематики. Наиболее простым и самым распространенным параметром, по которому можно классифицировать все механизмы параллельной кинематики, является число степеней свободы механизма. Таковыми будут являться «биподы», «триподы», «гексаподы» и некоторые другие. Самыми простейшими представителями технологического оборудования, выполненного на основе механизмов параллельной кинематики, являются «биподы», которые представляют собой плоские механизмы с двумя параллельными кинематическими цепями. Выходное звено у таких механизмов имеет две степени свободы, как правило, два перемещения. Механизмы с тремя степенями свободы получили название «триподы» и «трицепты». В отличие от «биподов», «триподы» позволяют более полно использовать все преимущества, которые дают механизмы параллельной кинематики. Так, например, отпадает необходимость в обязательном использовании элементов станков традиционного исполнения. Все требуемые движения (в данном случае не более трех) реализуются самим механизмом параллельной кинематики. «Четырех-» и «пятиподы» (пентаподы) - это механизмы параллельной кинематики с четырьмя и пятью степенями свободы соответственно. Применение в машиностроение таких механизмов ограничено. Создано мало технологического оборудования на основе таких параллельных механизмов. «Гексаподы» или механизмы с шестью степенями свободы реализуют в себе все преимущества механизмов параллельной кинематики. Так, например, при высокой жесткости конструкции и относительной простоте получаем механизм, с помощью которого можно ориентировать выходное звено по шести степеням свободы, что является неоспоримым преимуществом станочных систем такой концепции перед станками классической компоновки.

ПОВЫШЕНИЕ ТОЧНОСТИ ОБРАБОТКИ ШПОНОЧНЫХ ПАЗОВ ВТУЛОК НАСОСНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Н.Н. Коротун, А.Л. Ермоленко

Анализ несобираемых шпоночных соединений показал, что точность долбления шпоночных пазов не обеспечивает 100% собираемость соединений. При обработке шпоночных пазов на долбежных станках сложным является выполнение требования допуска симметричности. Именно несимметричностью паза относительно оси отверстия не обеспечивается 100% собираемость соединений. Выдержать допуск практически сложно даже при большом опыте рабочего, так как настройка осуществляется в трехмерном информационном пространстве. Для повышения точности обработки шпоночных пазов предлагается проведение нескольких организационно – технологических мероприятий. Для повышения точности базирования необходимо определить значения максимального и минимального радиального биения наружной цилиндрической поверхности относительно поверхности отверстия и обозначить их маркером. Тогда при установке заготовки, надо чтобы эти метки совпадали с осью стола станка, перпендикулярной режущей кромке резца. Далее базирование втулки на столе станка осуществляется призмой, в которой обработан паз шириной на 0,5 - 1 мм больше, чем наибольший шпоночный паз, обрабатываемый на этом станке. При установке призмы перед закреплением необходимо выдержать перпендикулярность ее паза к продольному перемещению стола станка с помощью индикатора, установленного на ползуне станка. На совмещение вспомогательных режущих кромок резца с боковыми сторонами шпоночного паза влияет точность продольного перемещения стола станка. Для повышения точности предлагается использовать индикатор часового типа с ценой деления 0,01мм, который устанавливается на станину. Поверхностью отсчета является защитный кожух суппорта станка. Для совмещения вспомогательных режущих кромок резца с боковыми сторонами шпоночного паза необходимо на каждый обрабатываемый паз иметь эталонную пластину, толщина которой равна половине разницы ширины паза призмы и ширины обрабатываемого паза. Настройку осуществляют в следующем порядке. Устанавливают пластину в паз призмы и подводят резец к пластине, так, чтобы кромка инструмента касалась ее поверхности. Устанавливают стержень индикатора на ноль по отсчетной поверхности. После этого отводят стол для свободного удаления пластины из паза призмы. Перемещают стол после снятия пластины, выставляя его снова на ноль. Фиксируют продольное перемещение стола станка с помощью рукоятки и определяют по индикатору величину и направление смещения стола при фиксации. Компенсируют повторной настройкой стола величину и направление смещения в сторону уменьшения погрешности.

РОЗШИРЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ ГОРИЗОНТАЛЬНО – РОЗТОЧУВАЛЬНОГО ВЕРСТАТА

М.М. Коротун, О.В. Кузьменко

Для розширення технологічних можливостей верстата, його необхідно обладнати спеціальними пристроями, або додатковими вузлами, які, наприклад, дозволять обробляти конічні отвори, розточувати кільцеві канавки в отворах деталей. Відомі пристрої для обробки конусних отворів, які складаються з корпусу, в якому розміщені похилі напрямні для різцетримача, що приводяться до руху від пари гвинт-гайка. Недоліком відомих пристроїв є те, що вони кріпляться на планшайбі, яка обертається з меншою кількістю обертів, ніж шпindel. Це виключає можливість високих швидкостей різання, які допускаються шпindelом та необхідні при «тонкому» розточуванні. Крім цього, кріплення пристроїв до планшайби потребує довготривалих витрат часу на переналагодження. Відомі пристрої не застосовуються на верстатах, у яких відсутня планшайба. Метою розширення технологічних можливостей верстата є створення пристрою, що підвищує точність та чистоту обробки конічних поверхонь. Пристрій складається з корпусу, в якому розміщений електродвигун з власним джерелом живлення. Двигун зв'язаний кінематичним ланцюгом з гвинтом пари гвинт-гайка, причому корпус закріплюється в шпindelі верстата. Корпус пристрою має конусний хвостовик. На кронштейні кріпиться механізм подовжньої подачі різця, який складається з електродвигуна, планетарного редуктора, підшипникової опори, яка підтримує гвинт. Гвинт через гайку різцетримача передає останньому подачу по похилім напрямнім. Живлення двигуна здійснюється через контакти ковзання. Відомий також пристрій для розточування кільцевих канавок в отворах деталей, який виконаний у вигляді оправки з верхньою конусною частиною, в нижній частині якого встановлено втулку з можливістю осьового переміщення механізмів відносно переміщення розточувальних різців. До недоліків пристрою відноситься невисока надійність виконання технологічного процесу через те, що різці не завжди відводяться у вихідне положення. В основу вдосконалення поставлена задача підвищення надійності. Поставлена задача досягається шляхом виконання пристрою у вигляді оправки з верхньою конусною частиною. В нижній частині встановлено втулку з можливістю осьового переміщення механізмів відносно різців, а також центрування, встановлення необхідного місця розміщення канавок, регулювання глибини розточування. Різці знаходяться в контакт з верхніми площинами, а в кінцевих частинах виконані протилежно направлені пази, один напроти іншого під кутом α , а в середині пазів встановлений штифт, який має можливість вільного переміщення в цих пазах. Контакт штифта з пазами різця здійснено за допомогою втулок.

ОБЗОР ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ МЕХАНИЗМОВ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КИНЕМАТИКИ

Н.Н. Коротун, А.В. Кулишов

На основе структуры «бипода» выполнен станок SPESHT Experimental. Направляющие параллельной структуры станка установлены вертикально и обеспечивают выходному звену два перемещения. Движение по третьей координате осуществляется приводом стола, установленного на станине. В конструкции используются линейные двигатели перемещения ползунков, которые совершают прямолинейное перемещение по направляющим. Ползуны связаны с выходным звеном штангами. Максимальная скорость выходного звена 120 м/мин. Объем рабочего пространства 630х630х630 мм³. По такой схеме выполнен многоцелевой станок Dyna-M (Dynamil-Projekt). Другая модель «бипода» с двумя вращательными степенями на выходном звене это Dumbo - структура. Выходное звено такой структуры связано с основанием шарниром с двумя степенями свободы и двумя кинематическими цепями с переменными длинами штанг.

На основе «трипода» выполнен многоцелевой станок Ulyses от Fatronic (Испания). Выходное звено, на котором установлен шпиндель, связано со станиной четырьмя кинематическими цепями. Три из них активные, которые содержат привода. Выполнены они по схеме телескопических штанг, т.е. это штанги переменной длины на основе шариковой винтовой пары. Выходное звено имеет три степени свободы (в данном случае перемещение по осям X, Y и Z). Технологические возможности данного оборудования могут быть расширены установкой дополнительного привода стола станка. Особенность данного станка является использование упомянутой пассивной кинематической цепи, которая подобна «ножницам». Максимальная скорость движения выходного звена 120м/мин, а ускорение 11,5м/с². Объем рабочего пространства 600х500х600 мм³. Частота вращения шпинделя 30000 об/мин. Мощность привода шпинделя 15кВт.

Достаточно широко «триподы» используются для создания вспомогательных модулей, реализующих три движения шпинделя. В качестве примера приведем модуль Sprint-Z3. Такой модуль предназначен для установки на технологическом оборудовании традиционной компоновки.

В последнее время возрастает интерес к так называемым «дельта» структурам «триподов». На основе такой структуры создан станок Quickstep HS 500 фирмы Krauseco & Mauser (Австрия). Шпиндель, установленный на выходном звене механизма, соединен со станиной станка через три кинематические цепи. Причем в каждой кинематической цепи

установлены парные штанги, связанные с ползунами. Максимальная скорость движения выходного звена 80м/мин, а ускорение 2g. Объем рабочего пространства 630x630x500 мм³.

По схеме «дельта» выполнен и станок URANE SX. Максимальная скорость движения выходного звена URANE SX 100м/мин, а ускорение более 3,5g. Объем рабочего пространства 500x500x200 мм³. Перемещение ползунуов осуществляется с помощью линейных двигателей.

Схема дельта используется в станке PEGASUS. Данное оборудование проектировалось для 5-осевой обработки, т.е. необходимо обеспечить пять степеней свободы. Механизм параллельной кинематики используется для реализации трех из них, а именно трех перемещений. Остальные возможны благодаря установке специальной насадки на выходном звене. Концепция данного оборудования направлена на увеличение рабочей зоны станка со свободным доступом к ней. Конструктивно все три направляющие ползунуов выполнены в одной горизонтальной штанге, параллельно друг другу и расположенных на двух уровнях. Станок имеет следующие характеристики: скорость движения выходного звена 120 м/мин, ускорение 10м/с². Максимальные перемещения по осям X, Y и Z 5000мм, 1400мм и 250 мм соответственно.

На основе «четырепода» создан обрабатывающий центр (Китай).. Станок содержит механизм параллельной кинематики с четырьмя степенями свободы и подвижный стол. Параллельный механизм имеет структуру, в которой выходное звено связано с основанием четырьмя кинематическими цепями. Каждая кинематическая цепь содержит штангу постоянной длины и ползун, перемещающийся по направляющим. Шарнирные соединения штанг с выходным звеном имеют три степени свободы и реализованы сферическим шарниром, а шарнирные соединения штанг с ползунами в двух цепях имеют одну степень свободы, а в оставшихся - две степени свободы. Центры крепления двух кинематических цепей с выходным звеном совпадают. Такой механизм имеет четыре степени свободы, а именно перемещения по осям Y и Z, и вращение вокруг осей X и Y. Перемещение по оси X достигается подвижным столом. Максимальная скорость движения выходного звена 30м/мин, а ускорение 5м/с². Объем рабочего пространства 800x500x600 мм³.

Примером станка на основе «пятипода»(пентапода) является модель Triomaxh. Выходное звено этого станка связано с основанием тремя кинематическими цепями в виде штанг переменной длины через карданные шарниры. Цепи имеют два привода, один из которых изменяет длину штанги, а другой угловую ориентацию шарнира вокруг оси штанги. В результате штанги работают не только на растяжение и сжатие, но и на кручение. Примером служит также разработанный в Германии обрабатывающий центр METROM. Структура имеет пять степеней свободы.

НАРІЗАННЯ КОНІЧНИХ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

М.М. Коротун. А.О. Глущенко

У доповіді розглянуті деякі принципи нарізання конічних зубчатих коліс на різноманітних за будовою зубообробних верстатах. Принцип зубонарізання на зубофрезерних напівавтоматах дисковими фрезами полягає у тому, що за час прорізу западини одного конічного колеса останнє знаходиться в нерухомому стані, а фреза здійснює обертання навколо своєї вісі зі швидкістю $V_{різ}$ і рухом поздовжньої подачі $S_{поз}$ вздовж лінії западини. Принцип нарізання зібців на зубопротяжних верстатах заключається в тому, що під час прорізу западини конічне колесо знаходить в нерухомому стані, а протяжка, обертаючись навколо своєї вісі рівномірно за швидкістю $V_{різ}$ різання, переміщується вздовж лінії зуба на величину $S_{поз}$ поздовжньої подачі. Принцип зубофрезерування конічних зубчатих коліс з прямою, круговою та шевронною лінією зубів пальцевою модульною фрезою заключається в тому, що інструментальна бабка під час нарізання западини зуба оброблюваного зубчатого колеса рухається зі швидкістю $V_{поз}$ поздовжньої подачі в напрямку, що визначається твірною конуса западин, по взаємно перпендикулярним напрямкам, а пальцева модульна фреза, закріплюється в інструментальному шпинделі і обертається зі швидкістю $V_{різ}$. Принципова схема зубостругальних верстатів для обробки по шаблону конічних зубчатих коліс заключається в тому, що супорти з різцями P1 і P2 здійснюють зворотно-поступові рухи $S_{сп}$ зі швидкістю $V_{різ}$ різання. Узгоджений рух колової подачі та повороту за годинниковою стрілкою та проти годинникової стрілки забезпечують на зубі оброблюваного зубчатого колеса копіювання профілю шаблону, зменшеним у стільки разів, в скільки R_c менше $R_{ш}$. Верстата, що працюють за перерахованими схемами, подані у таблиці. У докладі розглянуті методи утворення поверхонь простих та тангенціальних зубів конічних коліс. Найпростішою утворюючою поверхнею є площина, а найпростішим утворюючим колесом з плоскими твірними поверхнями є зубчате колесо, у якого кут початкового конуса $\delta_{\omega}=90^{\circ}$. Таке колесо називають плоским утворюючим колесом. На сучасних верстатах плоске утворююче колесо і заготовка, ділильний конус якої торкається твірної поверхні утворюючого колеса, обертаються навколо нерухомих осей. Різальні кромки двох різців P1 і P2 здійснюють зворотно-поступальні рухи відносно вихідної S_c площини, утворюючи при цьому робочі поверхні S западини колеса. В кожен даний момент відбувається нарізання тільки одного зуба на заготовці колеса, при чому для отримання повного його профілю за методом обкату утворююче колесо повертається на деякий кут ν_l при одночасному обертанні заготовки. В сучасних умовах росту виробництва необхідно використовувати найбільш продуктивні та економічні методи виготовлення та обробки конічних зубчатих коліс.

СУЧАСНИЙ МЕТАЛОРІЗАЛЬНИЙ ЗБІРНИЙ ІНСТРУМЕНТ

М.П. Кутовий

Збірний металорізальний інструмент є ефективним засобом лезової обробки матеріалів точінням, свердлінням, фрезеруванням тощо. Одним з пріоритетних напрямків розвитку серед усіх видів збірного різального інструменту є розвиток різенарізних, відрізних різців та інструменту для точіння канавок.

Для нарізання різі можуть використовуватися фрези та різці зі спеціальними пластинами.

Різенарізні фрези, це – циліндричний корпус з двома, трьома або чотирма пазами, в які вставляється різальні пластини. Ріжуча пластина має певну кількість зубів і схожа на гребінку. Конструкція фрез дозволяє проводити обробку, як з усіма пластинами так і однією. До переваг можна віднести те, що пластини мають дві різальні кромки. Також можна зарахувати, як позитив потрапляння ЗОР в зону різання, завдяки отворах у корпусі. Але при повному розгляді інструменту можна сказати, що у нього є і недолік. Величина зубців пластини однакова, а це значить, що на передні зубці впливає велике навантаження.

Розробники різців на відміну від розробників фрез врахували цей фактор. Наприклад пластини, що використовуються у нарізанні метричної різі мають декілька зубців серед, яких першим іде чорновий за ним напівчистовий зуб, а потім і чистовий. Що розподіляє навантаження на кожний зуб. До позитивного можна віднести те, що на одній пластині декілька різальних частин, що зменшує час переналадки інструменту при зносі особливо на верстатах з ЧПК. Також були розглянуті і пластини для нарізання інших видів різі, таких як американська уніфікована, трубна циліндрична, трубна конічна та упорна трапецеїдальна. На відміну від всіх запропонованих пластин, пластина упорна трапецеїдальна має всього одну різальну кромку для більшої точності виконання різі. Що стосується різців то було звернуто увагу і на метод кріплення пластин. Слід відзначити, що у більшості випадків пластини спочатку базуються по зовнішній поверхні і закріплюються гвинтом.

Розглянуті новітні відрізні різці майже всі з самозатискним кріпленням пластини. Суть цих кріплень у тому, що чим сильніше на пластину впливає сила різання тим сильніше вона у блоці затискається. Унікальність деяких кріплень полягає у тому, що вони не мають верхнього затискного елемента в державці, що сприяє без зупинному відводу стружки. А це, в свою чергу впливає на збільшення строків служби посадочного місця, а також самого інструменту. Ці кріплення гарантують, що під час повернення інструменту пластина не вилетить з посадочного місця. Окрім механізму були розглянуті різноманітні пластини та їх будова. Вони, звісно, розроблені таким чином

щоб самозатискатись. Та все ж у розгляді були виділені двобічні пластини з внутрішньою подачею ЗОР. Характерною властивістю пластини є отвір, який проходить наскрізь пластину. Ці пластини розроблені для відрізування нержавіючих сталей та жароміцних сплавів. При обробці цих матеріалів температура різальної кромки значно підвищується. Дані матеріали мають тенденцію до налипання на різальну кромку, що утворює нарід. Це явище можна суттєво зменшити за допомогою ефективного охолодження на різальній кромці. На відміну від звичайної обробки, при обробці цими пластинами ЗОР подається не зверху на стружку та інструмент, а через пластину в зону різання, якраз на різальну кромку. Крім того зрізана стружка не заважає потраплянню ЗОР на різальну кромку. Також, до позитивного у цих нових розробках треба віднести те, що блоки до, яких кріпляться пластини, зроблені у вигляді лінійок (товщиною з пластину) і мають на поверхні міліметрове ділення. Ці блоки затискаються в пазах державки і з допомогою їх можна легко регулювати виліт різця.

Також були розглянуті інструменти для нарізання пазів та канавок, серед яких були виділені різці та фрези.

В якості інструмента для нарізання пазів і канавок було виділено два види фрез: новітні пазові фрези з тангенційним кріпленням пластин з чотирма різальними кромками та високо продуктивні канавочні фрези з пластинами з трьома різальними кромками.

Пазова фреза – інструмент, що має пластини, які закріплюються тангенційно. Передня поверхня пластини виконана зі спеціальною геометрією для формування стружки, що знижує сили різання і покращує якість обробленої поверхні. Великою перевагою цієї фрези вважається зниження вібрації під час різання, що веде до підвищення стійкості інструменту. Фрези випускаються з цільним корпусом, у якому зроблені отвори для підведення ЗОР в зону різання кожної пластини.

Канавочна фреза має тільки новітні пластини для фрезерування канавок. Ці пластини шліфуються з високою точністю і можуть використовуватись в точному фрезеруванні канавок. Перевагою даних пластин є те, що за необхідності меншої ширини канавки стандартні пластини можуть доводитися до необхідного розміру операцією шліфування. Вони кріпляться до корпусу за допомогою гвинтового затиску.

Що стосується нарізання канавок на торці заготовки, то тут було знайдено різець, який складається з трьох частин. Перша частина – це ріжуча пластина, за розмірами схожа на пластину відрізного різця. Друга частина – це блок, в якому закріплюється пластина. У цього блоку є клиноподібне закруглення вильоту, що розташовується трохи нижче закріплювальної частини і яке не дає відхилитися пластині завдяки збільшенню жорсткості системи, а також повторює форму канавки. Як у блоці, так і в пластині може бути отвір для підведення змащувальної охолоджуючої рідини. Такі блоки бувають праві і ліві. Третя частина – це державка, до якої кріпиться блок з пластиною.

ПРОВЕРКА ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ МЕТАЛЛОРЕЖУЩИХ СТАНКОВ (ПРОГРАММНОЕ И МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ)

Г.Г. Лагута, В.В. Заводовская

Погрешности в системе чертеж-деталь можно классифицировать следующим образом: по статистическим показателям (систематические, случайные); по режиму работы (стационарный, нестационарный); по узлам системы, где возникает погрешности; по геометрическому виду (погрешности формы, шероховатость).

Принцип нормирования допустимых погрешностей в станках с ЧПУ имеет существенное практическое значение. Точность позиционирования на заданной координате принята одним из основных показателей точности во всех типах станков как с позиционными, так и с контурными системами ЧПУ. Используемые в различных нормативах математические модели для погрешности позиционирования исходят из предположения нормального закона распределения ошибок.

Методы проверки точности позиционирования при перемещении рабочего органа станка с ЧПУ устанавливает ГОСТ 27843-88 "Станки металлорежущие. Методы проверки точности позиционирования".

Формирование программы для станка с ЧПУ и обработка результатов экспериментальных данных для оценки точности позиционирования нами выполнены с использованием приложения Microsoft Excel.

Особое внимание уделено формированию системы координат заданного положения рабочего органа при его прямолинейном движении.

Оценивают следующие показатели: точность двустороннего позиционирования; повторяемость двустороннего позиционирования; максимальная зона нечувствительности; точность одностороннего позиционирования; повторяемость одностороннего позиционирования; средняя зона нечувствительности.

Все результаты определения погрешности позиционирования иллюстрируются графически.

Целесообразно введение такой меры оценки ошибки, которая позволила бы произвести сопоставление результатов как по одному станку, так и по различным станкам с помощью единого численного критерия. Для этого может оказаться плодотворным применение математического аппарата теории информации. Использование информационной оценки степени неопределенности позволяет обосновать общий критерий стабильности. Таким критерием является энтропия системы, наиболее полно отражающая степень неопределенности полученных результатов, и, таким образом, возможность введения коррекции для компенсации погрешностей.

ОСОБЕННОСТИ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ В ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТАХ ПО ДИСЦИПЛИНЕ "ТЕОРИЯ РЕЗАНИЯ"

Г.Г. Лагута, В.И. Соколова

В настоящее время графические методы анализа не пользуются особой благосклонностью инженеров главным образом вследствие широкого распространения ПЭВМ. Однако как средство представления информации, а также как средство, обеспечивающее выдачу максимальной информации на минимальном пространстве, графики незаменимы. В этом отношении это важный метод анализа данных, имеющихся в распоряжении инженера-экспериментатора.

В процессе выполнения лабораторных работ по дисциплине "Теория резания" при определении зависимостей температуры резания и составляющих силы резания от параметров режима резания студенты применяют графический метод обработки результатов измерения указанных показателей. Однако при этом они не всегда обращают внимание на методическое обоснование своих действий.

Например, при построении прямой линии (ее параметры служат основой для получения зависимостей температуры резания и составляющих силы резания) по экспериментальным точкам существует неопределенность. Для ее разрешения можно рекомендовать разработанный Асковичем чисто графический способ построения прямой методом наименьших квадратов. Способ не является приближенным, если по оси абсцисс точки расположены равномерно. Причиной применения одинаковых интервалов между точками является стремление к тому, чтобы в любой части экспериментальной прямой иметь одинаковую точность. В нашем случае равномерное расположение точек можно получить, взяв одинаковые приращения $\ln x$.

Применение аналитических методов. На наш взгляд определенной альтернативой МНК при выполнении лабораторных работ по дисциплине "Теория резания" может служить способ средних. Способ средних основан на допущении, что наиболее подходящей аппроксимацией будет та, для которой алгебраическая сумма отклонений равна нулю. Отклонения – вертикальные расстояния от экспериментальных точек до графика функции. Способ средних предполагает распределение отклонений по группам. Составляют столько групп, сколько неизвестных параметров эмпирической формулы необходимо найти. Приравнивают сумму отклонений по каждой группе и получают систему линейных уравнений относительно параметров.

В докладе рассмотрены возможности способа средних для получения, в том числе, обобщенных зависимостей показателей процесса резания от параметров режима резания.

КРИТЕРИИ ПЛАСТИЧЕСКОГО РАЗРУШЕНИЯ

С.С. Некрасов

Проблема прогнозирования величины наклепа и остаточных напряжений в обработанной резанием поверхности является актуальной и в настоящее время. Экспериментальное исследование влияния различных параметров процесса обработки на эти показатели является одним из самых трудоемких. В связи с этим прогнозирование состояния обработанной поверхности методами имитационного моделирования, например, методом конечных элементов, является, одним из перспективных путей решения указанной проблемы. В настоящее время известно более 20 решений задачи о моделировании процесса резания методом конечных элементов с использованием как универсального программного обеспечения (ABAQUS, LS-DYNA, ANSYS, DEFORM и др.), так и исследовательских программных средств. Вместе с тем, не существует ни одного решения, адекватного одновременно по всем показателям процесса резания.

Одним из существенных источников ошибок являются исходные данные. Известно, что исходными данными для моделирования процесса резания методом конечных элементов являются геометрическая информация о заготовке и инструменте, переставленная в виде их конечно-элементных сеток, граничные условия, модели материалов (совокупность зависимостей, связывающих деформации и напряжения в заготовке и инструменте), модель трения (зависимость, описывающая связь между нормальными и касательными напряжениями на границе контакта инструмента с заготовкой и стружкой), условие разрушения.

Склонность металлов к вязкому разрушению не может быть охарактеризовано только одним критерием, в частности критерием напряжения, по следующим причинам.

В монокристаллах разрушение может происходить при постоянной составляющей касательного напряжения. Поэтому можно было бы предположить, что критерием вязкого разрушения является некоторое касательное напряжение.

Однако из практики известно, что в центре шейки растягиваемого поликристаллического образца реализуется трехосное растяжение и можно было бы полагать, что всестороннее растяжение приводит к вязкому разрушению.

Однако при растяжении с одновременным воздействием гидростатического давления предельная до разрушения деформация увеличивается достаточно значительно, а разрушающее напряжение возрастает не намного, причем хрупко разрушающиеся металлы при наложении гидростатического давления разрушаются вязко при наличии значительных деформаций. Рассматривая механизмы разрушения с позиций теории дислокаций, И.А. Одинг отмечает, что, так как взаимодействуют

силовые поля дислокаций, содержащие и касательные, и нормальные напряжения, «то трудно говорить, какие же напряжения – растяжения, сжатия или сдвига – ответственны за разрушение». Касательные напряжения, вызывающие пластическую деформацию, приводят к увеличению дефектов кристаллической решетки, росту уровня внутренних напряжений, препятствующих внешним приложенным напряжениям, и подготавливают металл к разрушению. Нормальные напряжения растяжения ускоряют процесс разрушения, а нормальные напряжения сжатия, а частности приложенное гидростатическое давления, подавляют процесс разрушения.

Перечень различных экспериментальных фактов свидетельствует также и о том, что простой критерий деформации при вязком разрушении также не верен по следующим причинам.

Наложение гидростатического давления иногда приводит к 100%-ному сужению шейки и эта величина деформации значительно выше, чем при обычных испытаниях на растяжение, т.е. наряду с величиной деформации необходимо указывать величину гидростатического давления.

Кроме этого факта, результаты многочисленных экспериментов доказывают, что предельная до разрушения деформация зависит от степени развитости дефектов типа микропоры, микро- и макротрещины. В зависимости от условий деформирования и схемы напряженного состояния эти дефекты могут развиваться или «залечиваться». Например, при испытании на растяжение образца, подвергнутого предварительному скручиванию, обнаруживается снижение разрушающего напряжения и уменьшение поперечного сужения, т.е. снижение пластичности. Таким образом, сдвиги в процессе предварительного скручивания приводят к возникновению дефектов, раскрытию которых способствуют растягивающие напряжения. Подобно этому кручение предварительно растянутого образца снижает величину угла закручивания при разрушении. Дефектность металла снижается, если образец перед испытанием на растяжение подвергнуть знакопеременному кручению (закрутить и раскрутить).

Приведенные экспериментальные факты свидетельствуют о том, что для осуществления пластического разрушения необходима комбинация деформации с напряжениями сдвига и растяжения с учетом предшествующей истории деформирования и возможного наложения гидростатического давления.

Таким образом, есть основание полагать, что за критерий разрушения может быть принята накопленная на всех предшествующих этапах пластического деформирования до времени разрушения деформация, зависящая от приложенного гидростатического давления и истории деформирования.

Наиболее приемлемым критерием разрушения может быть критерий, основанный на феномологической теории разрушения Г.А. Смирнова-Аляева и В.Л. Колмогорова. В основу, которой положены известные факты, которые можно наблюдать из экспериментов.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МОДЕЛИ ОБРАБАТЫВАЕМОГО МАТЕРИАЛА

С.С. Некрасов, А.Г. Сердюк

Имитационное моделирование процесса прямоугольного резания невозможно без задания зависимости между пределом текучести и величиной деформации с учетом ее скорости и температуры – модели обрабатываемого материала $\sigma_s = \sigma_s(\epsilon, d\epsilon/dt, \theta)$. В результате экспериментальных исследований одним из известных разрушающих методов испытаний материалов, возможно получить базу данных значений силы, деформирующей образец, и величин перемещений, которые она вызвала. Применение аналитических методик определения уравнения по этим данным $\sigma_s = \sigma_s(\epsilon, d\epsilon/dt, \theta)$ связано с необходимостью использования ряда допущений, уменьшающих точность получаемого уравнения. В связи с этим предложено задавать форму уравнения $\sigma_s = \sigma_s(\epsilon, d\epsilon/dt, \theta)$, а его коэффициенты определять посредством сравнения экспериментальных данных с данными имитационного моделирования испытаний в LS-DYNA.

Отработка методики моделирования выполнялась на примере растяжения объемного образца из стали 45, описанной моделями Джонсона-Кука и упруго-пластической среды со степенным упрочнением. Один конец образца жестко заземлялся, а второму придавалось перемещение с постоянной скоростью. Для выполнения расчетов в образце формировалась конечно-элементная сетка из четырехугольных плоских элементов (6250 элементов для образца по ГОСТ 1497). Виртуальный эксперимент проводился с применением осесимметричной задачи для полного соответствия натурального эксперимента виртуальному.

Натурный эксперимент проводился для цилиндрического образца согласно требованиям ГОСТ 1497 на испытательной машине УМЕ – 10ТМ, которая была модернизирована.

Полученные результаты имитационного моделирования качественно совпали с известными диаграммами растяжения стали 45. Количественное совпадение можно достигнуть подбором коэффициентов исследуемой модели материала.

По полученным моделям материалов были проведены виртуальные эксперименты моделирования прямоугольного резания. В этом эксперименте было рассмотрено влияние участков кривой растяжения (предел текучести, предел прочности) на параметры процесса резания. Было установлено влияние уменьшения и увеличения предела текучести обрабатываемого материала на силы резания, усадку стружки, температуру. Также рассматривалось влияние предела прочности с учетом критерия шейкообразования на параметры процесса резания.

АНАЛИЗ ЗАЖИМНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ ТОКАРНО-РЕВОЛЬВЕРНЫХ СТАНКОВ

Л.М. Сединкин, А.М. Майборода

Приспособление для зажима пруткового материала или отдельных заготовок на револьверных станках по принципу базирования делятся на патроны (базирование по наружной поверхности), оправки (базирование по отверстию) и специальные приспособления (угольники и т. п.).

От правильно выбранного зажимного приспособления для закрепления детали в большой степени зависит производительность работы на револьверном станке, а также точность обработки.

Основные требования к приспособлениям: быстрота установки и закрепления, точность установки, простота конструкции зажимного устройства, надежность в эксплуатации.

Цанговые патроны применяются главным образом для закрепления чисто-тянутого материала в виде прутков или при вторичном зажиме заготовок.

Кулачковые патроны служат для закрепления штучных заготовок, имеющих значительные колебания в размерах: отливок, поковок, а также горяче-катанного пруткового материала.

Цанговые патроны: трех основных типов; со втягиваемой, выдвигной и неподвижной цангами.

Все цанговые патроны при зажиме не обеспечивают полного контакта между прутком и цангой (по всей площади сопрягаемых поверхностей) вследствие колебаний диаметра прутка в пределах допуска. Поэтому они требуют значительного зажимного усилия и не обеспечивают высокой точности центрирования.

Кулачковые патроны с приводом. По компоновке эти патроны могут быть подразделены на две группы; тяговые патроны и патроны со встроенным приводом. Время на закрепление заготовки может составлять до 20% штучного времени, поэтому применяют механизированные патроны.

Недостатками всех патронов с тягой через отверстие в шпинделе являются: 1) невозможность обработки деталей из прутка или деталей с хвостовиками; 2) вращающиеся цилиндры, расположенные на конце шпинделя, должны точно балансироваться; они создают дополнительную нагрузку на радиальные подшипники и требуют ограждений; 3) вращающиеся цилиндры создают дополнительную нагрузку на упорные подшипники шпинделя, что приводит к повышенному износу их; 4) присоединение патрона к тяге связано с большими затратами времени, а удаленность цилиндра от патрона усложняет схему подвода сжатого воздуха.

От этих недостатков свободны конструкции пневматических патронов со встроенными цилиндрами.

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ВКЛЮЧЕНИЙ СЕЛЕНА, СВИНЦА И ТЕЛЛУРА НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТАЛЕЙ

Л.М. Сединкин, Е.А. Бездидько

Известно, что наличие в сталях серы приводит к снижению ее механических свойств. В этом плане, естественно возникает вопрос, а как повлияют специально вводимые для улучшения обрабатываемости резанием, добавки селена, свинца и теллура? В плане ответа на данный вопрос нами были проведены как стандартные методы испытания микролегированных сталей, так и специальные методы, позволяющие однозначно ответить: если влияют, то в какой степени, если не влияют, то по какой причине.

При этом исследования механических свойств проводились как в условиях комнатной температуры, так и при высоких температурах (до 900°C), так и при низких (до -150°C).

Испытание на растяжение (по ГОСТ1497) в условиях комнатной температуры сталей марок 15X2Г2СВА с содержанием селена до 0,2% и свинца до 0,1%, 1X18Н10Т, с содержанием селена до 0,25%, стали 45Г2 с содержанием теллура до 0,15%, свинца до 0,1% совместно с селеном (0,035%), стали 35X2ГСМА с содержанием селена до 0,15% не позволили обнаружить какого либо влияния присадок на механические характеристики сталей.

Для перечисленных выше сталей были проведены испытания на растяжение при температурах до 900°C , которые также не выявили негативного влияния присадок.

Исследование влияния присадок на ударную вязкость по ГОСТ 11150 были проведены в условиях комнатной температуры, при низких (293°K – 153°K) и высоких температурах. Однако и здесь нами не было обнаружено отрицательного влияния присадок на данную механическую характеристику сталей. При этом исследовались стали не только в состоянии поставки, но и при различных видах термической обработки, как то: отжиг на зернистый перлит, нормализация, улучшение и др.

Проверялись так же влияние присадок на анизотропию пластических свойств. При этом было обнаружено единственное влияние и только свинца при испытании при температурах близких к температуре плавления его.

При испытании на сжатие сталей марок 1X18Н10Т, 15X2Г2СВА, 35X2ГСМА, У10А, 45Г2 так же не было обнаружено негативного влияния присадок на характеристики политропы сжатия.

Таким образом, комплексные испытания механических свойств сталей с присадками селена (до 0,25%), свинца (до 0,2%), теллура (до 0,15%) позволяют дать однозначный ответ, что данные присадки не оказывают негативного влияния на механические свойства различных групп сталей, как углеродистых инструментальных, так и конструкционных.

Х ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ВКЛЮЧЕНИЙ СЕЛЕНА, СВИНЦА И ТЕЛЛУРА

Л.М. Сединкин, А.И. Добрынь

Путем металлографического исследования ставились такие задачи:

1. Определить качественное и количественное содержание включений в различных марках сталей;
2. Определить расположение включений по сечению образца;
3. Определить взаимное влияние присадок селена, свинца и теллура на формирование неметаллических включений в сталях;
4. Установить связь между химическим составом, размерами и взаимным расположением включений на характеристики обрабатываемости исследованных сталей.

Проведенные исследования позволили классифицировать виды включений в сталях с присадками селена, свинца и теллура. Это: силикаты и силикатные стекла; оксиды $FeO \cdot MnO$, шпинели ($FeO \cdot Al_2O_3$), галакситы хромовые ($MnCr_2O_3$); сульфиды железа и марганца; хромиты ($FeO \cdot Cr_2O_3$); нитриды; селениды железа и марганца.

Силикаты – это твердые растворы кремнистых соединений с окислами железа, марганца или алюминия. Их размеры находятся в пределах от 3 до 45 мкм. Форма включений – неправильная. Эти включения плохо шлифуются, но хорошо деформируются. Распределяются равномерно по сечению образца.

Оксид кремния (SiO_2) имеет размер включений 3-5 мкм, форма правильная – круглая, распределяются крайне неравномерно, шлифуются хорошо, но не деформируются.

Оксиды железа и марганца в исследованных сталях встречаются весьма часто, они плохо деформируются и при шлифовании, как правило, выкрашиваются.

Стекла силикатные, они очень мелкие и могут иметь сложный состав с включениями марганца или хрома. Размеры в пределах 5 мкм, весьма твердые, плохо шлифуются и являются одним из источников абразивного износа режущего инструмента.

Оксиды – сложные окислы ($nMnO \cdot mFeO \cdot pSiO_2$). Их размеры – 3 мкм, не пластичны но хорошо полируются. Это вторые составляющие по причине интенсивного абразивного износа.

Хромиты ($FeO \cdot Cr_2O_3$) – включения угловатой формы, чаще всего находятся в обрамлении селенидов, имеют размеры 3-15 мкм. Весьма твердые, плохо полируются, не деформируются.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРИСАДОК СЕЛЕНА, СВИНЦА И ТЕЛЛУРА НА МЕХАНИКУ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ

Л.М. Сединкин, А.С. Данильченко

Проводились исследования присадок селена, свинца и теллура на силы резания, усадку стружки, шероховатости обработанной поверхности и температуру в зоне резания сталей марок: 1X18H9T, У10А, 15X2Г2СВА, 45Г2 с содержанием селена до 0,25%, свинца до 0,2% и теллура до 0,1%. . Измерение сил резания проводилось с помощью динамометра конструкции ВНИИ, а так же индукционного динамометра разработанного на кафедре «Резание металлов» Курганского машиностроительного института. Температура в зоне резания регистрировалась с помощью естественной термопары. Измерение шероховатости обработанной поверхности проводилось с помощью микроскопа Линника а также профилографа. Проводилось также исследование шлифов стружек снятых с эталонных сталей и сталей с добавками с помощью электронного микроскопа, рентгеновского аппарата и микро зонда.

Анализ данных по силам резания показал, что классические кривые при изменении скорости резания остаются неизменными, как для эталонных сталей, так и для сталей с добавками. Отличительной особенностью графиков зависимости сил резания от скорости является сдвиг экстремальных точек при точении сталей с добавками в область более высоких скоростей. Общее для всех сталей с добавками является снижение сил резания на всем диапазоне реальных скоростей резания. И это снижение может быть до 45%, в зависимости от процентного содержания присадок.

Температура резания так же понижается на 200-300 градусов на всем исследованном диапазоне скоростей, начиная от микроскорости и заканчивая высокими скоростями резания.

Исследование тонкой кристаллической структуры, выполненное с помощью рентгеновского аппарата ДРОН-2, обнаружило интересные закономерности. Так в стружке эталонной стали 1X18H10T обнаружено превращение части аустенита в мартенсит. И это подтверждается исследованием степени и глубины наклепа в обработанной поверхности. В то же время в стали с добавкой 0,25% селена этого не наблюдается. Кроме того, в образцах с селеном гораздо ниже плотность дислокаций.

Шероховатость обработанной поверхности при точении сталей с добавками оказалась на один класс ниже, чем для эталонной стали.

Все эти данные показывают, что замена обычных сталей на стали с улучшенной обрабатываемостью позволяет внедрить менее энергоемкие технологии и при этом существенно повысить производительность при обработке лезвийным инструментом.

ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЗАЩИТНОГО СЛОЯ НА КОНТАКТНЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ ИНСТРУМЕНТА

Л.М. Сединкин, С.М. Резниченко

При обработке сталей с добавками селена и свинца на контактных площадках резца на передней и задней поверхностях образуется защитный слой, предохраняющий инструмент от адгезионного износа. Исследования контактных площадок инструмента выполненное с помощью электронного микроскопа, показало, что защитная пленка образуется на всем диапазоне скоростей резания. С повышением скорости резания толщина и неразрывность пленки уменьшается, однако она присутствует всегда.

Чтобы выяснить механизм образования пленки надо знать ее химический состав. С этой целью был поставлен эксперимент, для которого выбраны три стали, содержащие свинец и селен в количестве до 0,25%.

Предварительно на шлифах этих сталей был проведен металлографический анализ, в результате которого были выявлены неметаллические включения, и их количество в весовых процентах.

Микроанализ химического состава защитной пленки на резцах проводился на приборе «ЭММА» с использованием кристаллов анализаторов LiF и «Слюда». Микроанализ осуществлялся в воздушном спектрометре при ускоряющем напряжении 50КВ. Чувствительность метода 10^{-11} гр. Количественный состав защитного слоя исследовался на микроанализаторе «КАМЕКА MS-46»

Обработка результатов эксперимента показала, что в состав защитных пленок входят такие элементы: сталь 40 с содержанием свинца 0,24%-железо, магний, алюминий, свинец, цезий, фосфор, сера; сталь 40ХС с содержанием селена 0,25% - железо, хром, магний, кремний, селен, молибден, сера, алюминий.

Оказалось, что количество каждого элемента в составе защитной пленки зависит от скорости резания, а, следовательно, от температуры в зоне резания. При температуре в зоне резания не превышающей 500°C в состав пленки в основном входит селен и железо в виде селенида железа. Наибольшая концентрация этого вещества располагается ближе к режущей кромке. На участке, где имеет место упругий контакт стружки с передней поверхностью наиболее концентрировано располагаются алюминий, магний и кальций. При обработке стали со свинцом в состав пленки вместо селена входит свинец, но он исчезает из состава, когда температура резания превышает 500°C .

Для образования защитного слоя необходимы определенные условия и, как подчеркивает И.В. Крагельский: «эффективность смазки может оцениваться только с учетом свойств тех материалов, на которые она нанесена».

ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАБАТЫВАЕМОСТИ СТАЛЕЙ С УЛУЧШАЮЩИМИ ДОБАВКАМИ ПРИ ОБРАБОТКЕ ИНСТРУМЕНТАМИ ИЗ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ

Л.М. Сединкин, А.А. Карпенко

Проводились исследования обрабатываемости сталей поставляемых на ВАЗ, это стали 40ХГНМ, 38ХГМ, 19ХГН, 12Х2Н4А и сталь 40 при точении их резцами из быстрорежущей стали Р6М5. Все стали имели в своем составе в качестве улучшающей добавки – свинец в количестве до 0,23%. В качестве критерия обрабатываемости была принята скорость резания, обеспечивающая надежную работу инструмента в течении 60 минут. Кроме того определялся оптимальный вид термической обработки заготовок, с точки зрения наибольшей производительности обработки

Анализ результатов эксперимента было установлено, что наиболее эффективно проявляют себя добавки в сталь свинца при обработке сталей в улучшенном состоянии. Однако большая производительность может быть получена при обработке заготовок в состоянии нормализации.

Второй важный вывод заключается в том, что при точении сталей сортамента ВАЗ быстрорежущим инструментом более рационально идти не по пути увеличения скорости резания, а по пути увеличения стойкости инструмента. Это потому, что свинец более эффективен именно в повышении стойкости, а не скорости резания. И в условиях массового производства, которое имеет место на ВАЗ, за счет сокращения количества переналадок многоинструментных станков может дать гораздо больший эффект в увеличении производительности, чем повышение скорости резания. Так увеличение скорости резания при точении сталей с содержанием свинца до 0,25% мы получили на 35-45%. А в тоже время увеличение стойкости инструмента может достигать до 40 раз.

Кроме того, проверялась эффективность способа разливки сталей в изложницы. При этом были взяты образцы из сталей, разливка которых проводилась как с верху, так и снизу. Способ разливки оказывает большое влияние на образование в массе слитка неметаллических включений, на их величину, количество и химический состав. Однако на критерии обрабатываемости резанием способ разливки сталей оказывает не столь существенное влияние, и в наших экспериментах не был обнаружен.

Кроме свинца была поставлена задача определение эффективности от введения в сталь селена при обработке быстрорежущим инструментом. Эксперименты показали, что при обработке сталей с добавкой селена до 0,25% мы не получили такого существенного увеличения скорости резания и стойкости инструмента как при обработке сталей со свинцом.

Аналогичные результаты были получены и при сверлении, и при фрезировании инструментами из быстрорежущей стали.

ИССЛЕДОВАНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИСАДКАМИ СВИНЦА И СЕЛЕНА

Л.М. Сединкин, А.М. Тимошенко

На основании ранее проведенных исследований по обработке сталей с добавками селена, свинца и теллура была раскрыта физическая сущность влияния этих присадок на процесс резания, и на этой основе было предложено вводить эти добавки не в обрабатываемый материал, а в материал инструмента. С этой целью были получены образцы быстрорежущей стали марки P18 с добавкой селена в количестве от 0,12% до 24% и с комплексным легированием селеном и свинцом в суммарном весовом количестве от 0,20% до 0,23%. Из этих образцов были изготовлены режущие пластинки для возможности механического крепления на резцах и фрезах, а также монолитные инструменты – метчики, зенкера и сверла. Инструмент изготавливался как из прокованных заготовок, так и литой, который отливался по выплавляемым моделям. В процессе исследования фиксировались как скорости резания, так и температура резания, силы резания, усадка стружки и шероховатость обработанных поверхностей.

— Кроме того, были спечены пластинки из твердого сплава ВК8 с добавкой селена до 0,5%

Результаты эксперимента показали, что при точении пластинкой с селеном стойкость инструмента повышается в 1,5-2 раза. При этом была определена зона скоростей наибольшего влияния присадки селена в быстрорежущую сталь. Так при скорости резания 60-70м/мин имеем двухкратное увеличение стойкости. А при скорости резания 80м/мин, только на 20%.

Свинец оказался не столь эффективен в повышении стойкости, чем селен. Особо хорошие результаты получаются при обработке сложно режущими инструментами, такими как метчик и зенкер, которые отливались в формы по выплавляемым моделям. Испытание этих инструментов в производственных условиях показало увеличение стойкости в 8 раз. Особенно хорошие результаты были получены при нарезании резьбы в сталях с повышенным содержанием марганца. Если обычный метчик смог нарезать не более 3 отверстий, то метчик из стали P18 с добавкой селена 0,24% обработал более 40 отверстий и вышел из строя по причине износа, а не в результате поломки, как обычный метчик.

Испытание твердого сплава с селеном также показали обнадеживающий результат. Так при обработке образцов из стали 1X18H9T стойкость инструмента при первой заточке увеличилась в 3 раза, но по мере переточек инструмента она сравнивалась с эталонным образцом. Анализ микроструктуры твердого сплава с селеном показал, что селениды кобальта, располагались на периферийной части шлифа.

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ В ПРОЦЕСАХ ОБРОБКИ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

А.М. Сорокін

Сучасні машини важко уявити без зубчастих передач, які є одними з їх найважливіших елементів. Від точності виготовлення коліс і їх здатності передавати зусилля багато в чому залежить працездатність і довговічність відповідних механізмів. Міцність зубів і обертовий момент, який може безпечно передавати зубчаста передача, - одні з найважливіших складових при проектуванні механізмів із зубчастими передачами. Для досягнення тривалого терміну експлуатації зубчастих передач, окрім міцності на згин, суттєве значення має супротив зубів зношуванню. На зношування зубів сильно впливає не загальне навантаження, що передається, а максимальна напруга в точці контакту.

З кожним роком збільшуються вимоги до зубчастих передач і умов їх експлуатації. Це, в свою чергу, накладає свій вплив на процеси і явища, що відбуваються під час нарізання зубів. В наш час створюються нові і вдосконалюються існуючі методи обробки зубчастих коліс, обладнання, різальний і вимірювальний інструменти.

Процеси нарізання зубчастих коліс – це ефективні процеси для виробництва зубчастих коліс високої якості, хоча вони і пов'язані зі складною кінематикою процесу, сходом стружки і механізмами зношування інструмента. У більшості випадків зношування інструмента є нерівномірним між двома послідовними зубами. Це явище призводить до того, що значно скорочується стійкість і погіршується загальне використання різального інструменту. До того ж складна геометрія зубонарізних інструментів збільшують вартість його виготовлення, а нерівномірний знос інструментів призводить до збільшення вартості виготовлення зубчастих коліс.

Щоб кількісно виявити механізми зношування і оптимізувати параметри обробки, часто використовуються методи моделювання процесу різання, зокрема, метод скінчених елементів. За допомогою його використання можливе візуальне спостереження за процесами, що відбуваються під час обробки зубчастих коліс, прогнозування сил, деформацій в зоні різання, та узгодження геометрії інструмента та інших параметрів процесу з очікуваним рівномірним зносом.

Таким чином, дослідження і моделювання процесів нарізання зубчастих коліс є актуальною для сьогодення темою. Подальше вдосконалення конструкцій зубонарізних інструментів, визначення оптимальних режимів різання, взаємодії інструмента з оброблюваним матеріалом, досягнення рівномірного зносу на всіх зубах інструмента можуть значно підвищити стійкість інструменти, покращити якість виготовлених деталей, зменшити собівартість виробництва.

МЕТОД МОРФОЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ПРИ РАЗРАБОТКЕ СХЕМ ФОРМООБРАЗОВАНИЯ

С.В. Швец, А.А. Литвин

Суть метода заключается в том, что в соответствующей технической системе выделяют несколько характерных для нее структурных или функциональных морфологических признаков. Каждый из них может характеризовать какую-то ее функцию или режим работы, конструктивный параметр. По каждому выделенному морфологическому признаку составляют список его различных конкретных вариантов, альтернатив, технического выражения. Признаки с их альтернативами можно располагать в форме таблицы, называемой морфологическим ящиком (морфологической матрицей или картой), что позволяет лучше представить себе поисковое поле. Перебирая всевозможные сочетания альтернативных вариантов выделенных признаков, можно выявить новые варианты решения задачи, которые при простом переборе могли быть упущены.

Метод предусматривает выполнение работ в такой последовательности: точная формулировка задачи (проблемы), подлежащей решению; составление списка всех морфологических признаков; раскрытие возможных вариантов по каждому морфологическому признаку (характеристике) путем составления матрицы; определение функциональной ценности всех полученных вариантов решений; выбор наиболее рациональных конкретных решений.

Альтернативными признаками при формообразовании служат простые формы поверхностей детали (*Д*) и исходной инструментальной поверхности (*И*). Рассматривая возможные сочетания поверхностей *И* и *Д* при различных относительных движениях выявляем новые варианты схемы формообразования. Сложность применения морфологического анализа заключается в том, что до сих пор не существует универсального метода оценки эффективности того или иного варианта решения.

В статье изложена геометрическая теория формообразования, охватывающая все виды, типы и конструкции режущих инструментов и схем формообразования. Дана классификация исходной инструментальной поверхности и поверхности детали. Предлагаемая методика обеспечивает не только формульное описание режущих инструментов, она позволяет наглядно представить форму поверхности детали при заданных движениях. Методика морфологического анализа создает логический фундамент для реализации универсальной системы автоматизированного проектирования режущих инструментов, что иллюстрируется рассмотренными примерами матрицы морфологического анализа. При реализации данной методики использовались возможности 3D моделирования в *KOMPAS*.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСХОДНОЙ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПОВЕРХНОСТИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ВИНТОВЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

С.В. Швец, А.В. Кипенко, Ю.В. Лобанова

Винтовая поверхность образуется винтовым движением некоторой линии, называемой профилем. Винтовое движение профиля характеризуется только одним параметром - шагом P винтовой поверхности. Профиль же винтовой поверхности по своей форме и исходному положению может быть задан самыми различными линейными, угловыми и другими параметрами, в зависимости от конкретных условий конструирования, изготовления и эксплуатации детали, несущей на себе винтовую поверхность.

Положение оси инструмента относительно обрабатываемой винтовой поверхности можно характеризовать межосевым расстоянием; углом скрещивания осей винтовой поверхности и инструмента. При обработке винтовой поверхности дисковым инструментом исходная инструментальная поверхность (I) и винтовая поверхность (D) должны иметь линейное касание.

После включения подачи линия касания будет перемещаться вдоль D и придавать ей требуемый профиль. Кривые, полученные от пересечения D и I каждой плоскостью, пересекающей линию их касания, должны иметь общую касательную, но при этом кривая I должна всегда находиться вне тела детали, на которой располагается винтовая поверхность.

При расчете профиля инструмента для обработки конкретной винтовой поверхности в той или иной последовательности приходится решать ряд отдельных задач. Техника решения каждой из них находится в зависимости от условий получения винтовой поверхности и тех расчетных средств, которыми располагает конструктор.

При графическом определении I можно использовать методику $2D$ построений или применить $3D$ изображения. В последнем случае процесс получается более наглядным, однако точность результатов при использовании таких графических платформ как *T-FLEX KOMPAS* не удовлетворительна.

Важной задачей является определение точки излома и разрыва профиля. Определение таких точек в составе профиля необходимо по двум причинам: а) только в них допускается скачок профильного угла;

б) если начальную точку разрыва профиля не определить как точку излома, то длина разрыва войдет как прямолинейный участок в состав профиля. Точки излома бывают во впадине и на вершине. Точки разрыва можно отнести к одному из указанных типов, если мысленно удалить разрывы в результате плоскопараллельного переноса частей профиля.

АНАЛИЗ ПРИЧИН ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОШИБКИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ РАДИАЛЬНОЙ ПРОЕКЦИИ СИЛЫ РЕЗАНИЯ

В.А. Залого, Д.В. Криворучко, С.Н. Хвостик

Моделирование процесса резания методом конечных элементов является актуальной темой современных научных исследований в области металлообработки. За более, чем тридцатипятилетнюю историю развития этого направления научно-исследовательскими школами было разработано большое количество моделей различных рабочих процессов резания как в 2D, так и в 3D постановке, моделирующих образование как сливной, так и элементной стружки, использующих универсальное (ABAQUS, DEFORM, LS-DYNA) и специальное (ThirdWave AdventEdge) коммерческое программное обеспечение, а также разработанный исследовательский программный код. Значительный вклад в развитие указанного научного направления внесли проф. Usui E., Strenkovski J.S., Shih A.J., Childs T.H.C., Altan T., Jawahir I.S., Klocke F, Остафьев В.А. и др. Достигнутые успехи в прогнозировании формы стружки, угла сдвига, силы и температуры резания все же не позволяют, как показано авторами, полностью доверять количественным результатам моделирования.

Используя традиционный подход к моделированию внедрения лезвия в заготовку в постановке плоской деформации авторы реализовали конечно-элементную модель процесса резания с помощью решателя LS-DYNA в Лагранжированной системе координат. Целью настоящей работы являлось изучение влияния различных факторов (как условий обработки, так и параметров решения) на ошибку прогнозирования показателей процесса резания. Известные исследования в этом направлении концентрируют внимание главным образом на физических аспектах возникающей погрешности, не останавливаясь на погрешностях, возникающих из-за несовершенства вычислительных процедур. И, несмотря на то, что алгоритмы в каждом из исследований разные, авторы данной работы считают, что могут быть сформулированы общие рекомендации.

Проведенный авторами данной статьи литературный обзор показал, что до настоящего времени не опубликовано информации про КЭ модель процесса резания, прогнозирующей одновременно все его показатели с ошибкой, не превосходящей 15%. Среди основных причин такой ситуации называют ошибки моделей обрабатываемого материала и трения на контактных поверхностях. По крайней мере один показатель в каждом из исследований имеет удовлетворительную погрешность прогнозирования, а все остальные могут иметь значительную ошибку. В большинстве работ наибольшая ошибка имеет место при прогнозировании радиальной проекции силы резания, а также длины контакта на передней поверхности. Если

ошибка прогнозирования главной проекции (P_z) силы резания не превышает 10%, то в этом же решении ошибка прогнозирования радиальной проекции (P_y) может быть 40% и более.

Разработанная конечно-элементная модель позволила провести анализ причин значительных ошибок прогнозирования проекции P_y . Следует обратить внимание на то, что ошибка прогнозирования этой проекции определяется главным образом ошибкой прогнозирования сил на задней поверхности. Коэффициент трения определяет силы, главным образом, на передней поверхности, с его помощью возможно управлять P_y , но пренебрежение контактом на задней поверхности значительно искажает ситуацию.

Установлено, что значительное влияние оказывают как исходные данные о геометрии режущего лезвия, так и параметры решателя. Очевидно для адекватного сравнения КЭ модели с экспериментом необходимо задать измеренные в конце проведения опытов ρ и h_z . Поскольку влияние ρ на показатели процесса начинается при $a/\rho < 4$, то при реализации моделирования методом конечных элементов с целью прогнозирования силы резания по умолчанию для твердых сплавов лучше всего использовать $\rho = 0.2-0.25a$, $h_z = 50-100 \text{ мкм}$.

Уменьшение влияния численной погрешности решения контактной задачи при приемлемом времени счета может быть достигнуто за счет выбора размера КЭ сетки заготовки в диапазоне $\rho/Le = 2-3$ и лезвия $\rho/Le > 2.5$.

За счет масштабирования массы заготовки шаг интегрирования может быть увеличен до $5\Delta t_0$.

Если нет специальной потребности в физическом критерии, то в качестве критерия разрушения при моделировании резания с положительными передними углами может быть использован геометрический критерий, выбирая величину шага перестроения КЭ сетки в соответствии с величиной максимальной пластической деформации перед режущей кромкой.

Учет перечисленных факторов может в сумме увеличить прогноз силы P_y на 30-40% и приблизить его к экспериментальным данным. Наблюдаемое уменьшение температуры с увеличением фаски износа связано с увеличением теплового потока в заготовку. Увеличение температуры при изменении γ от -7° до 5° связано с уменьшением сечения режущего лезвия, подверженного действию тепла.

Таким образом, проведенный анализ показал, что качество подготовки исходных данных для моделирования процесса резания методом конечных элементов определяет ошибку прогнозирования показателей процесса и, особенно, радиальной проекции силы резания. Дальнейшее развитие модели процесса резания должно быть направлено на совершенствование критериев разрушения, моделирующих отделение стружки от заготовки.

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ СИСТЕМ ПОДГОТОВКИ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ЧПУ

Д.В. Криворучко, С.А. Назаренко

В последние годы станки все чаще оснащаются системами ЧПУ, геометрия деталей современных машин становится все сложнее, их точность повышается, повсеместно применяются труднообрабатываемые материалы. В этих условиях технология ручной разработки управляющих программ для станков с ЧПУ не может обеспечить необходимую производительность создания этих программ и их качество. Решить эту проблему возможно за счет применения автоматизированных систем подготовки управляющих программ для станков с ЧПУ – САМ систем.

В работе рассмотрены САМ системы, представленные на рынке Украины: КОМПАС ЧПУ, ГЕММА 3D, EdgeCAM, SprutCAM, PowerMILL, SURFCAM, Cimatron, ADEM, САПР-ЧПУ. Несмотря на различный интерфейс и методику подготовки исходных данных все названные программные продукты объединяет общий алгоритм разработки управляющей программы для ЧПУ.

На первом этапе технолог создает виртуальное изображение заготовки и детали. Это может быть выполнено в любом САД пакете, поскольку все программные продукты поддерживают стандартные форматы dxf, iges и др.

На втором этапе заготовка виртуально ориентируется в системе координат станка.

На третьем этапе создается технологический процесс обработки последовательным указанием инструмента, характера перехода и его параметров.

Далее выполняется визуальный контроль обработки посредством моделирования перемещения фрезы в контакте с заготовкой и определение разности между полученной деталью и ее идеальным образом.

В заключении генерируется код программы с помощью построителя с синтаксисом, соответствующим заданной системе ЧПУ.

Таким образом, в случае применения САМ систем однообразная вычислительная работа по определению координат характерных точек траектории инструмента возлагается на программное обеспечение. В этом случае работа технолога заключается в графическом задании технологии обработки и траектории инструмента, контроле правильности ее построения и проверке УП. Применение такого подхода позволяет исключить отладку программы непосредственно на станке и, следовательно, значительно сократить затраты на подготовку производства. Развитие современных САМ систем направлено на повышение их универсальности, надежности, технологических решений по повышению производительности обработки.

УПРАВЛЕНИЕ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКОЙ ПРОИЗВОДСТВА НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ НА БАЗЕ СТАНДАРТОВ MRP-II

В.А. Залого, А.В. Ивченко, Ю.А. Погоржельская

В условиях усиления конкуренции на национальных и международных рынках для большинства машиностроительных предприятий управление инструментальной подготовкой производства не менее важно, нежели управление производственными мощностями, материальными и человеческими ресурсами. Установлено, что инструментальное обеспечение предприятия занимает до 80 % времени освоения выпуска новой промышленной продукции. Поэтому решение вопроса по совершенствованию оперативного управления обеспечения инструментом основного производства является актуальной задачей для машиностроительных предприятий. Опыт показывает, что использование компьютерных технологий повышает эффективность управления технологическими процессами. Но, к сожалению, в отечественной практике уделяется недостаточно внимания вопросам методологии, которая лежит в основе использования информационных технологий в управленческой деятельности.

В настоящее время среди лидирующих ведущих зарубежных промышленных предприятий широкое распространение получили стандарты управления MRP-II. Данные стандарты объединяет две тенденции: методологическое решение задач управления и применение информационных технологий для поддержки решения задач управления.

Одной из основных причин того, что стандарты MRP-II были с готовностью восприняты как методология управления производством, является их обращение к возможностям вычислительной техники в области хранения и обработки больших массивов данных и предоставления доступа к ним в целях эффективного управления предприятием. Стандарты помогают координировать деятельность различных подразделений предприятия по обеспечению качественного решения поставленных задач с целью достижения стратегических целей предприятия.

Таким образом, применение стандартов MRP-II позволит отечественным промышленным предприятиям перейти на новый уровень управления производственными процессами, что позволит в полной мере раскрыть весь потенциал использования информационных технологий применительно не только к организации, но и оперативному управлению сетью сложных взаимосвязанных процессов промышленного предприятия.

В данной работе рассматривается вопрос использования систем MRP-II в совокупности с обеспечивающими ее подсистемами (операций с запасами, запланированных поступлений, спецификаций продуктов и т.д.), что позволит оперативно управлять жизненным циклом технической оснастки, исходя из конкретных производственных задач, и сократит время на инструментальную подготовку производства машиностроительных предприятий.

РОЗРОБКА ПРОЦЕДУРИ ЗАГАЛЬНОЇ СТРУКТУРИ ОЦІНЮВАННЯ (САФ) ЯКОСТІ ДІЯЛЬНОСТІ ОРГАНІВ МІСЦЕВОГО САМОВРЯДУВАННЯ НА ПРИКЛАДІ ПОПІВСЬКОЇ СІЛЬСЬКОЇ РАДИ

І.В. Івченко, М.В. Банько

Враховуючи особливу роль органів державної влади та органів місцевого самоврядування у забезпеченні постійного зв'язку між державою та громадянином, вирішення життєво важливих проблем окремої людини і суспільства в цілому, реалізації конституційних прав і свобод людини і громадянина, утвердження демократичної, соціальної, правової держави, з метою підвищення ефективності роботи органів державної влади України сьогодні, як ніколи раніше, необхідно, щоб державна влади та органи місцевого самоврядування не тільки вийшла на рівень управління, який відповідає міжнародним країнам, але і була здатною його перевищувати. Світовий досвід показує, що досягти цієї мети можна лише шляхом оновлення філософії управління, розкриття всього інтелектуального і творчого потенціалу суспільства, розвитку руху за якість і досконалість, залучення широких кругів наукової громадськості до процесів постійних удосконалень і поліпшень, широкого впровадження у всі ланках управління кращих світових і вітчизняних досягнень в області управління якістю.

Дуже корисним в організації діяльності органів місцевого самоврядування є застосування методів управління, які виправдали себе у сфері бізнесу. Саме ці методи можуть і повинні зробити ефективною роботу адміністрації, яка сприймається як орган, що надає конкретні послуги для мешканців міста.

Тому Кабінет Міністрів України затвердив програму запровадження системи управління якістю (СУЯ) в органах виконавчої влади (ОВВ). Згідно програми, запровадження СУЯ в ОВВ відповідно до міжнародних стандартів ISO серії 9000 сприяє оптимізації процесів планування, розподілу ресурсів, а також визначенню додаткових підходів до об'єктивного оцінювання результатів їх діяльності.

Таким чином, побудова СУЯ повинна розглядатися як пріоритетний проект, спрямований на всебічне поліпшення діяльності ОВВ, який проводиться вищим керівництвом ОВВ. Також треба розуміти, що фактично мова йде не про окрему СУЯ, а про звичайну систему управління, яка повинна бути зручним робочим інструментом, за допомогою якого керівництво управляє діяльністю ОВВ. Але ж однією з проблем впровадження систем управління якістю в організаціях незалежно від форм власності та спрямувань господарської діяльності є аналіз, самооцінка ефективності та результативності діяльності цієї організації.

Тому метою даної роботи є розробка методу самооцінки результатів діяльності органів виконавчої влади та його нормативного забезпечення, на прикладі Попівської Сільської ради.

НОРМАТИВНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТЬЮ ТРУДА НА МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

А.В. Ивченко, А.А. Биндюг

В настоящее время становятся актуальны вопросы безопасности труда, которые вызывают повышенный интерес, как у западных, так и у отечественных машиностроителей. Такие положения, как организация практической работы в сфере обеспечения безопасной производственной деятельности на предприятиях, создание безопасных и здоровых условий труда, обучение по охране труда, уже давно являются предметом заботы администрации и службы охраны труда машиностроительного предприятия. Концепция же управления профессиональной безопасностью как составной частью ряда международных стандартов в области управления - тема достаточно новая.

В 1999 г. был принят международный стандарт OHSAS 18001-1999 «Системы менеджмента в области охраны труда и предупреждения профессиональных заболеваний». Причиной разработки стандартов OHSAS 18000 послужила настоятельная рекомендация: Международного консорциума организаций по стандартизации, институтов промышленной безопасности, индустриальных союзов и органов по сертификации выработать единые требования к системам управления охраной труда. А также необходимость гармонизации данных требований с международными и национальными стандартами, на основании которых можно было бы создавать, оценивать и сертифицировать «системы управления профессиональной безопасностью и здоровьем» (OHSAS).

Стандарт является общетехническим, устанавливающим требования к элементам системы управления охраной труда. Он предназначен для того, чтобы помочь организациям в управлении рисками, связанными с профессиональным здоровьем и безопасностью. В основе OHSAS лежат идентификация опасностей и оценка рисков, связанных с этими опасностями.

Стандарт во многом повторяет структуру, требования и положения международного стандарта ISO 9001:2000, что способствует созданию интегрированных систем управления. Требования стандарта применимы к организациям всех типов и размеров, независимо от конкретного сектора экономики.

В данной работе, с целью снижения количества несчастных случаев и для более полного использования дополнительных возможностей при создании интегрированной системы управления машиностроительным предприятием, разработано нормативное обеспечение системы управления безопасностью труда на машиностроительном предприятиях согласно требованиям стандарта OHSAS 18001-1999, а также рекомендации по интеграции данной документации в общую систему управления машиностроительного предприятия.

ИССЛЕДОВАНИЕ НОРМАТИВНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

В.А. Залого, А.В. Ивченко, А.А. Ротт

Решение проблем безотказности работы металлообрабатывающего оборудования, а также широкое распространение гибких производственных систем требует проведения фундаментальных исследовательских работ в области надежности машин, систем технической диагностики, методов и устройств самодиагностики оборудования, сигнализирующих систем для сокращения числа отказов и продолжительности простоев. В настоящее время все актуальней становится решение проблем «гибкости» режущего инструмента. Например, оптимизация общей его номенклатуры с целью обеспечения возможности обработки разнообразных деталей меньшим количеством инструмента, выполнения большого количества технологических переходов. Главной проблемой остается повышение стойкости инструмента, мониторинг состояния и анализ его отказов.

Как показывает опыт зарубежных фирм и передовых отечественных предприятий, без создания цельной системы рациональной эксплуатации инструмента не может быть обеспечена высокая степень конкурентоспособности любого машиностроительного предприятия. Практика показала, что часто причиной низкой эффективности нового инструмента является его применение не по назначению. Повышенный расход инструмента и дефицитных инструментальных материалов нередко связан с несвоевременной заменой инструмента, отсутствием научно обоснованных регламентов его работы и норм его расхода.

В результате проведенного анализа системы механической обработки было установлено, что к числу выходных параметров процесса резания относятся производительность и точность обработки, свойства поверхностного слоя детали, экономические показатели, надежность и т.д. В системе, представленной таким образом, учитывается только часть процесса эксплуатации режущего инструмента, определяющая непосредственную обработку соответствующего изделия на станке. Однако, при использовании режущего инструмента возникает комплекс вопросов технико-экономических, организационных, информационных, технологических и др., которые не рассматриваются в структурных схемах механической обработки, но вместе с тем являются определяющими при ее функционировании. В связи с этим для повышения эффективности технологической системы механической обработки необходимо рассмотреть круг вопросов, которые должны быть охвачены с позиций системного подхода при рассмотрении процесса эксплуатации режущего инструмента.

Поэтому целью работы является исследование нормативного обеспечения эксплуатации режущего инструмента и разработка практических рекомендаций по внедрению «системного подхода» при организации процесса его эксплуатации.

К ВОПРОСУ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ БУМАГОРЕЗАЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ ПОЛИГРАФИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ

К.А. Дядюра, А.В. Ткаченко, А.В. Нестеренко

Качество готовой печатной продукции зависит от многих факторов полиграфического производства. Одной из важных составляющих, которого являются этапы предварительной и окончательной подрезки полиграфических материалов.

В настоящее время при разработке образцов новой техники, или модернизации уже существующей, большое внимание уделяют этапу проектирования, поскольку от него зависит не только совершенствование технологии производства, но и управление эффективностью оборудования на остальных этапах его жизненного цикла (ЖЦ).

Для обеспечения управления жизненным циклом бумагорезальных машин рассмотрена стратегия использования CALS-технологий, т.е. технологии непрерывной информационной поддержки жизненного цикла изделия (ИПИ), главная задача которой – обеспечение единообразного описания данных, независимо от места и времени их получения в общей системе. Т.е. в рамках CALS-технологий создается интегрированная информационная среда (ИИС), которая обеспечивает непрерывный обмен данными между заказчиком, производителями и потребителями, а также позволяет повысить эффективность управления, сократить бумажный документооборот и расходы, связанные с ним. Структура проектной, технологической и эксплуатационной документации, языки её представления должны быть стандартизированы.

Построена модель, отражающая основные взаимосвязи управленческих технологий, инструментальных средств и других понятий в рамках единой системы управления жизненным циклом бумагорезального оборудования. Объектом управления в такой системе являются все процессы ЖЦ изделия: создание изделия (маркетинг, предпроектные исследования, разработка и проектирование, изготовление), эксплуатация, послепродажное сопровождение.

Основой этой модели является создание так называемой параметрической 3D модели, в которой отражаются все этапы проектирования. Одним из важных параметров для реализации этой 3D модели, является модель процесса резания бумаги.

Современный подход проектирования связан с созданием информационных систем, основой которых являются КАД технологии для эффективного использования бумагорезательных машин на всех этапах жизненного цикла.

ТЕХНІЧНА ТЕПЛОФІЗИКА

РАСЧЕТНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ МНОГОСТУПЕНЧАТОГО ПОРШНЕВОГО КОМПРЕССОРА

В.П. Попов, М.С. Казбан

Для исследования работы многоступенчатого поршневого компрессора разработана математическая модель, состоящая из моделей ступеней компрессора и межступенчатых коммуникаций. С учетом принятых допущений о квазистатичности и квазистационарности протекающих в компрессоре процессов составлена замкнутая система уравнений, учитывающая реальность сжимаемого газа, тепломассообмен с внешней средой, динамику клапанов. Термические и калорические свойства сжимаемого газа рассчитывались по уравнению состояния Бенедикта-Вебба-Рубина, расчет тепловых потоков в рабочих камерах – по уравнению Ньютона-Рихмана, а массовые расходы – по уравнению Сен-Венана-Венцеля. Необходимые для расчетов коэффициенты в уравнении состояния, осредненные коэффициенты теплоотдачи, эмпирические формулы для расчета средних температур стенок и коэффициентов расхода взяты из литературных источников.

Решение системы нелинейных дифференциальных уравнений ступеней компрессора проводилось методом последовательных приближений. Счет начинался с положения поршня в наружной мертвой точке, переход от участка к участку происходит до увеличения угла поворота вала на $\Delta\varphi$.

В следующем приближении за начальные значения принимались величины, полученные в предыдущем приближении. Расчет заканчивался при допустимой ошибке вычислений (1-3%).

Результаты расчетов изменения давления и температуры в ступенях компрессора использовались в модели многоступенчатого компрессора.

В межступенчатых коммуникациях компрессора, имеющих большой объем, при установившемся режиме работы параметры газа можно считать постоянными, а относительные потери давления принимать по опытным данным. Расчет рабочего процесса в многоступенчатом компрессоре проводился после предварительного термодинамического расчета. Устойчивая работа двух последовательно работающих ступеней достигается при равенстве массы газа в ступенях компрессора. Расчет проводился методом итераций до достижения выбранной точности вычислений.

В результате проведенных расчетов получены расчетные данные изменения давлений и температур в ступенях компрессора, в зависимости от режимных и конструктивных параметров, затрат удельной работы и мощности, к.п.д. и степени совершенства компрессора. Разработанная модель позволяет на стадии проектирования компрессоров выполнить оценку и расчетный анализ параметров компрессора.

ИСПАРИТЕЛЬ АППАРАТА ОХЛАЖДЕНИЯ УСТАНОВКИ УТИЛИЗАЦИИ ОКИСЛИТЕЛЯ

*Э.А. Карпович (ГНИИ Минеральных удобрений и пигментов),
А.В. Рудь*

Технология утилизации окислителя ракетного топлива предусматривает поддержание в реакционной зоне температуры технологической среды в пределах 15-30 °С. На пилотной установке отвод тепла химических реакций ведется проточной водой. Для опытно-промышленной установки по утилизации до 1 т/ч окислителя предложено использовать фреоновую холодильную установку. По сумме теплопритоков определена хладопроизводительность холодильной установки $Q = 85-90$ кВт.

Реактор, где осуществляются процессы обезвреживания окислителя является объемным аппаратом с диаметром 2,5 м и высотой 2 м, он оборудован турбинной мешалкой диаметром $d_m = 0,5$ м, вращающейся со скоростью $n_m = 3,3$ с⁻¹. Прорабатывается вариант испарителя холодильной установки в виде однетрубного змеевика с диаметром $d_y = 0,04$ м, встроенного в реактор.

Нами рассмотрен вопрос расчета условий теплообмена в реакционной зоне от технологической среды к поверхности змеевика. Согласно технологии среда представляет собою суспензию, жидкая фаза которой содержит 38±3 % HNO₃ и 40±3% NH₄NO₃. В суспензии около 7% твердой фазы в виде HNO₃·(NH₂)₂CO. Плотность указанной среды $\rho_{см} = 1382$ кг/м³. По расчету теплоемкость $c_{см} = 3,12$ кДж/(кг·К). Теплопроводность $\lambda_{см} = 0,479$ Вт/(м·К) и динамическая вязкость смеси $\mu_{см} = 0,0166$ Па·с приняты как характеристики концентрированной азотной кислоты. Число Рейнольдса для случая работы мешалки в аппарате засчитано формуле:

$$Re_{см} = n_m \cdot d_m^2 \cdot \rho_{см} / \mu_{см} = 6,51 \cdot 10^5$$

Число Нуссельта определяем по критериальному уравнению

$$Nu_{см} = 0,87 \cdot Re^{0,62} \cdot Pr^{0,33} (\mu_{см} / \mu_{wсм})^{0,14} = 6896,8$$

По значению числа $Nu_{см}$ определяем коэффициент теплоотдачи

$\alpha = 1321$ Вт/(м²·К). Методом приближения определено, что коэффициент теплопередачи $K_{fn} \approx 0,3 \cdot \alpha \approx 400$ Вт/(м²·К). Тогда расчетная наружная поверхность змеевика $F_n = 90000 / (400 \cdot 20) = 11,2$ м². Длина змеевика $L = 81,4$ м. Внутренняя поверхность змеевика $F_b = 10,22$ м². Определяем плотность теплового потока со стороны кипящего фреона.

$$q_b = 90000 / F_b = 8806 \text{ Вт/м}^2$$

При кипении фреона R-22 рекомендуемые плотности тепловых потоков 2,3-11 кВт/м². Таким образом принятая конструкция змеевика удовлетворяет целям выполняемой работы. Число витков змеевика 12. При межвитковом шаге 0,1 м высота змеевика 1,2 м и он удовлетворительно вписывается в габариты реактора.

К ОПРЕДЕЛЕНИЮ ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СМЕСЕЙ ГАЗОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДИФИЦИРОВАННОГО УРАВНЕНИЯ БЕНЕДИКТА-ВЕББА- РУБИНА

*Н.В. Калинин (СумГУ),
А.Н. Шевцов (ОАО "Сумское НПО им. М. В. Фрунзе")*

Модифицированное уравнение Бенедикта-Вебба-Рубина имеет вид

$$\frac{P_r}{T_r \cdot \rho_r} = 1 + B \cdot \rho_r + C \cdot \rho_r^2 + D \cdot \rho_r^5 + \frac{C_4}{T_r^3} \cdot \rho_r^2 \cdot (\beta + \gamma \cdot \rho_r^2) \cdot e^{-\gamma \rho_r^2}, \quad (1)$$

где индекс $_r$ относится к приведенным параметрам состояния рассматриваемого вещества.

Калорические параметры определяются на основании дифференциальных уравнений термодинамики.

Согласно [1] изотермическая поправка к энтальпии определяется из выражения:

$$\begin{aligned} \frac{\Delta i}{R \cdot T_{кр}} = & T_r \cdot z - T_r - \left[b_2 + \frac{2 \cdot b_3}{T_r} + \frac{3 \cdot b_4}{T_r^2} \right] \cdot \rho_r - \left[c_2 - \frac{3 \cdot c_3}{T_r^2} \right] \cdot \frac{\rho_r^2}{2} + \\ & + \frac{d_2}{5} \cdot \rho_r^5 + \frac{3 \cdot c_4}{2 \cdot T_r^2 \cdot \gamma} \left[\beta + 1 - (\beta + 1 - \gamma \cdot \rho_r^2) \cdot e^{-\gamma \rho_r^2} \right] \end{aligned} \quad (2)$$

Обозначим $\frac{\Delta i}{R \cdot T_{\partial 0}} = I$, тогда поправка к изобарной теплоемкости

$$\begin{aligned} \frac{\Delta c_p}{R} = & \left(\frac{\partial I}{\partial T_r} \right)_p = Z - 1 + T_r \cdot \left(\frac{\partial Z}{\partial T_r} \right)_p - \left(\frac{\partial \rho_r}{\partial T_r} \right)_p \cdot \left(b_2 + \frac{2b_3}{T_r} + \frac{3b_4}{T_r^2} \right) - \\ & \rho_r \cdot \left(-\frac{2b_3}{T_r^2} - \frac{6 \cdot b_4}{T_r^3} \right) - \rho_r \cdot \left(\frac{\partial \rho_r}{\partial T_r} \right)_p \cdot \left(c_2 - \frac{3c_3}{T_r^2} \right) - \frac{\rho_r^2}{2} \cdot \frac{2 \cdot 3 \cdot c_3}{T_r^3} + d_2 \cdot \rho_r^4 \cdot \left(\frac{\partial \rho_r}{\partial T_r} \right)_p - \\ & + \frac{3 \cdot c_4}{2 \cdot T_r^2 \cdot \gamma} \cdot \left[(2 \cdot \rho_r \cdot \gamma) \cdot e^{-\gamma \rho_r^2} \cdot \left(\frac{\partial \rho_r}{\partial T_r} \right)_p \cdot e^{-\gamma \rho_r^2} + (\beta + 1 + \gamma \cdot \rho_r^2) \cdot e^{-\gamma \rho_r^2} \cdot (-2 \rho_r \cdot \gamma) \cdot \left(\frac{\partial \rho_r}{\partial T_r} \right)_p \right] - \\ & - \frac{3 \cdot c_4}{T_r^3 \cdot \gamma} \cdot \left[\beta + 1 - (\beta + 1 + \gamma \cdot \rho_r^2) \cdot e^{-\gamma \rho_r^2} \right] \end{aligned} \quad (3)$$

После преобразований получаем

$$\left(\frac{\partial I}{\partial T_r}\right)_p = Z - 1 + T_r \cdot \left(\frac{\partial Z}{\partial T_r}\right)_p + \rho_r \cdot \left(\frac{2b_3}{T_r^2} + \frac{6 \cdot b_4}{T_r^3}\right) -$$

$$-\frac{3 \cdot C_4}{T_r^3 \cdot \gamma} \cdot \left[\beta + 1 - (\beta + 1 + \gamma \cdot \rho_r^2) \cdot e^{-\gamma \rho_r^2}\right] - \frac{3 \cdot C_3 \cdot \rho_r^2}{T_r^3} -$$

(4)

$$-\left(\frac{\partial \rho_r}{\partial T_r}\right)_p \cdot \left(b_2 + \frac{2b_3}{T_r} + \frac{3b_4}{T_r^2} + C_2 \rho_r - \frac{3C_3 \rho_r}{T_r^2} - d_2 \cdot \rho_r^4 + \frac{3C_4 \rho_r}{T_r^2} \cdot e^{-\gamma \rho_r^2} \cdot (\beta + \gamma \cdot \rho_r^2)\right)$$

Производную $\left(\frac{\partial Z}{\partial T_r}\right)_p$ находим из (1):

$$\left(\frac{\partial Z}{\partial T_r}\right)_p = B \cdot \left(\frac{\partial \rho_r}{\partial T_r}\right)_p + 2 \cdot C \cdot \rho_r \cdot \left(\frac{\partial \rho_r}{\partial T_r}\right)_p + 5 \cdot \rho_r^4 \cdot D \cdot \left(\frac{\partial \rho_r}{\partial T_r}\right)_p +$$

$$+ 2 \cdot \rho_r \cdot \left(\frac{\partial \rho_r}{\partial T_r}\right)_p \cdot \frac{C_4}{T_r^3} \cdot [\beta + \gamma \cdot \rho_r^2] \cdot e^{-\gamma \rho_r^2} -$$

$$-\frac{3 \cdot C_4}{T_r^4} \cdot \rho_r^2 \cdot [\beta + \gamma \cdot \rho_r^2] \cdot e^{-\gamma \rho_r^2} + \frac{C_4}{T_r^3} \cdot \rho_r^2 \cdot 2 \cdot \rho_r \cdot \gamma \cdot \left(\frac{\partial \rho_r}{\partial T_r}\right)_p \cdot e^{-\gamma \rho_r^2} +$$

$$+\frac{C_4}{T_r^3} \cdot \rho_r^2 \cdot [\beta + \gamma \cdot \rho_r^2] \cdot e^{-\gamma \rho_r^2} \cdot (-2 \cdot \gamma \cdot \rho_r) \cdot \left(\frac{\partial \rho_r}{\partial T_r}\right)_p \quad (5)$$

Дифференцируя $Z = \frac{\rho_r}{T_r \cdot \rho_r}$ по T_r , получаем еще одно уравнение:

$$\left(\frac{\partial Z}{\partial T_r}\right)_p = \rho_r \cdot \left[\frac{1}{\rho_r \cdot T_r^2} - \frac{1}{\rho_r^2 \cdot T_r} \cdot \left(\frac{\partial \rho_r}{\partial T_r}\right)_p \right] =$$

$$= -\frac{\rho_r}{\rho_r \cdot T_r^2} \cdot \left[1 + \frac{T_r}{\rho_r} \cdot \left(\frac{\partial \rho_r}{\partial T_r}\right)_p \right] = -\frac{Z}{T_r} \cdot \left[1 + \frac{T_r}{\rho_r} \cdot \left(\frac{\partial \rho_r}{\partial T_r}\right)_p \right]. \quad (6)$$

Из (5) и (6) находятся производные $\left(\frac{\partial Z}{\partial T_r}\right)_p$ и $\left(\frac{\partial \rho_r}{\partial T_r}\right)_p$, и затем из

уравнения (3) определяется поправка к изобарной теплоемкости.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ КРИВОЛИНЕЙНОЙ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ ДЛЯ РАСЧЕТА ТЕЧЕНИЯ ГАЗА В ОБРАТНО-НАПРАВЛЯЮЩИХ АППАРАТАХ ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА

А.Н. Калашников, Н.В. Калинин

Для расчета параметров потока в поворотном колене (ПК) обратного-направляющего аппарата (ОНА) центробежного компрессора выбрана криволинейная система координат – квазилинии тока S и ортогонали к ним n . Значения радиусов кривизны линий тока определяются по формуле

$$R_{mi} = R_e + \frac{(b_4 + b_5) \cdot (i - 1)}{2 \cdot (K - 1)}, \quad (1)$$

где i - номер линии тока; K - количество линий тока, принятое для расчета; R_e - радиус внутреннего контура поворотного колена; b_4 и b_5 - ширина ПК на входе и на выходе.

Для определения расстояния между соседними линиями тока вдоль

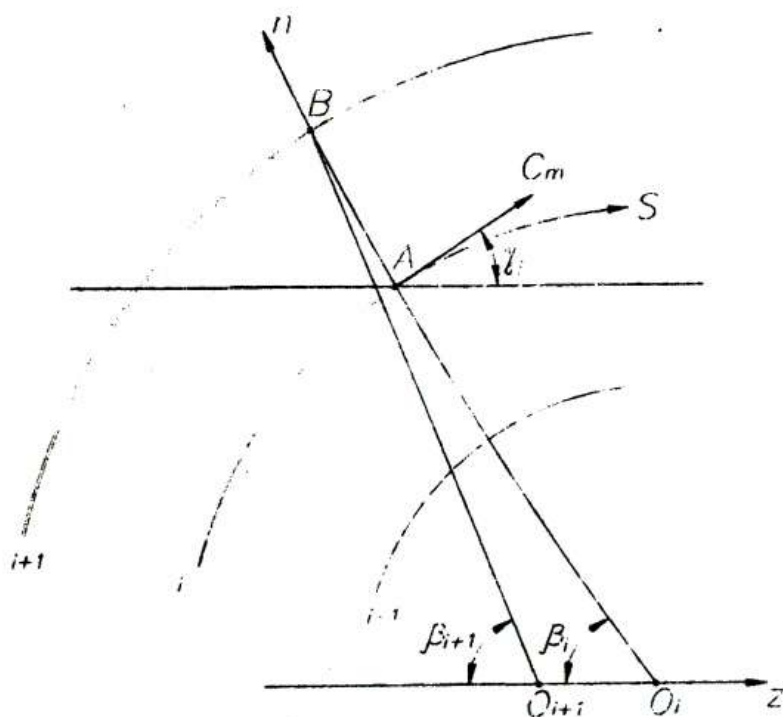


Рисунок – Криволинейная система координат S, n

ортогонали n рассмотрим треугольник BO_iO_{i+1} (см. рисунок 1). Данное расстояние определяется отрезком $AB = BO_i - AO_i$. Отрезок $AO_i = R_{mi}$.

радиус кривизны i -ой линии тока. Отрезок $O_i O_{i+1} = z_{ci} - z_{ci+1} = \Delta z_i$ - разность координат центров радиусов кривизны i -ой и $i+1$ -ой линий тока. Отрезок $BO_{i+1} = R_{mi+1}$ - радиус кривизны $i+1$ -ой линии тока. Для треугольника $BO_i O_{i+1}$ по теореме косинусов можно записать

$$BO_{i+1}^2 = BO_i^2 + O_i O_{i+1}^2 - 2 \cdot BO_i \cdot O_i O_{i+1} \cdot \cos \beta_i \quad (2)$$

Величину отрезка BO_i можно найти из этого уравнения:

$$BO_i = \Delta z_i \cdot \cos \beta_i + \sqrt{R_{mi+1}^2 - \Delta z_i^2 \cdot \sin^2 \beta_i}$$

Координата r_{ij} в узловых точках координатной сетки определяется по формуле

$$r_{ij} = r_4 + R_{mi} \cdot \sin(\beta_i).$$

Дифференциальные уравнения движения невязкой жидкости для ядра потока в поворотном колене в проекции на оси S и n имеют вид:

$$\begin{aligned} -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial s} - C_m \cdot \frac{\partial C_m}{\partial s} + \frac{C_u^2}{r} \cdot \sin \gamma &= 0, \\ -\frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial p}{\partial n} + \frac{C_u^2}{r} \cdot \cos \gamma + \frac{C_m^2}{R_m} &= 0. \end{aligned} \quad (3)$$

Угол $\gamma = 90 - \beta$ и поэтому $\sin \gamma = \cos \beta = \frac{\partial r}{\partial s}$,

$$\cos \gamma = \sin \beta = \frac{\partial r}{\partial n}.$$

Компоненты системы уравнений (3), содержащие давление p , заменяются на компоненты, которые содержат только скорости потока C_m , C_u и их производные. Значения скоростей C_m и C_u могут быть определены путем численного решения системы уравнений (3). Скорость потока газа находится по формуле $C_{ij} = \sqrt{C_{uij}^2 - C_{mij}^2}$, а угол потока $tg(\alpha_{ij}) = \frac{C_{mij}}{C_{uij}}$.

По полученным значениям скоростей могут быть рассчитаны значения давлений в поворотном колене с использованием зависимости:

$$p^* = p + \rho \cdot \frac{C_u^2}{2} + \rho \cdot \frac{C_m^2}{2} = f_1(n). \quad (4)$$

РАСЧЕТ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ТУРБУЛЕНТНЫХ ТЕЧЕНИЙ В ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРАХ

*И.В. Гавриченко, Н.В. Калинин (СумГУ),
А.А. Лысенко (ОАО "Сумское НПО им. М. В. Фрунзе")*

Проектирование высокоэкономичных центробежных компрессоров в настоящее время основывается на выполнении вычислительного эксперимента, учитывающего особенности вязкого трехмерного течения газа в проточной части турбомашин. Это позволяет уже на начальных этапах проектирования осуществлять поиск рациональной формы элементов проточной части, в том числе лопаточных аппаратов без привлечения эксперимента физического. Вычислительный эксперимент позволяет достигать улучшения газодинамических характеристик центробежных компрессоров за счет управления отрывом потока, в частности за счет обеспечения безотрывного состояния пограничного слоя.

Для выполнения расчетов течения газа в центробежных компрессорах все чаще в настоящее время применяются сложные модели течения, в которых решается численно уравнение Навье-Стокса. Обычно решается усредненное по Рейнольдсу уравнение движения Навье-Стокса:

$$\frac{\partial \bar{c}_i}{\partial \tau} + \bar{c}_j \cdot \frac{\partial \bar{c}_i}{\partial x_j} = \bar{F} - \frac{1}{\rho} \cdot \frac{\partial \bar{p}}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left(\nu \cdot \frac{\partial \bar{c}_i}{\partial x_j} - \bar{c}'_i c'_j \right)$$

Моделирование потока сопряжено с рядом трудностей, что связано как со сложностью физических процессов, происходящих в исследуемых аппаратах, так и с проблемами адекватности математических моделей. Расчеты выполняются с использованием прикладных программ, предназначенных для моделирования пространственных турбулентных течений в устройствах сложной формы, например, ANSYS/Flotran, Fluent, CFX-TASCflow, FlowER и др.

Программные единицы комплекса, связанные общим ядром, могут быть условно разделены на 4 группы:

1) программы подготовки геометрических и газодинамических исходных данных, работающие в диалоговом режиме с визуализацией геометрии проточной части;

2) программы построения расчетной области: расчет координат узлов и метрики сетки с визуализацией сеточных поверхностей;

3) газодинамические программы: начальное приближение и обтекание;

4) программы визуализации результатов газодинамических расчетов: построение графиков, изолиний и векторов направлений потока.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МЕРИДИОНАЛЬНОГО КОНТУРА ОСЕСИММЕТРИЧНЫХ КРИВОЛИНЕЙНЫХ КАНАЛОВ ЦЕНТРОБЕЖНОГО КОМПРЕССОРА

И.В. Гавриченко, Н.В. Калинин

Течение газа в центробежных компрессорах происходит в проточной части, которая может быть представлена как комбинация каналов различной формы. Эти каналы можно классифицировать следующим образом:

- осесимметричные криволинейные каналы;
- криволинейные межлопаточные каналы р.к. (следует учитывать, что в этих каналах осуществляется подвод энергии к газу), л.д., ОНА.

Осесимметричными каналами являются:

- осерадиальные каналы на входе в рабочие колеса;
- поворотные колена обратно-направляющих аппаратов;
- радиально осевые каналы на выходе из обратно-направляющих аппаратов.

Поворот потока в меридиональной плоскости желательно осуществлять с максимально возможным радиусом кривизны. Этому условию отвечает дуга окружности.

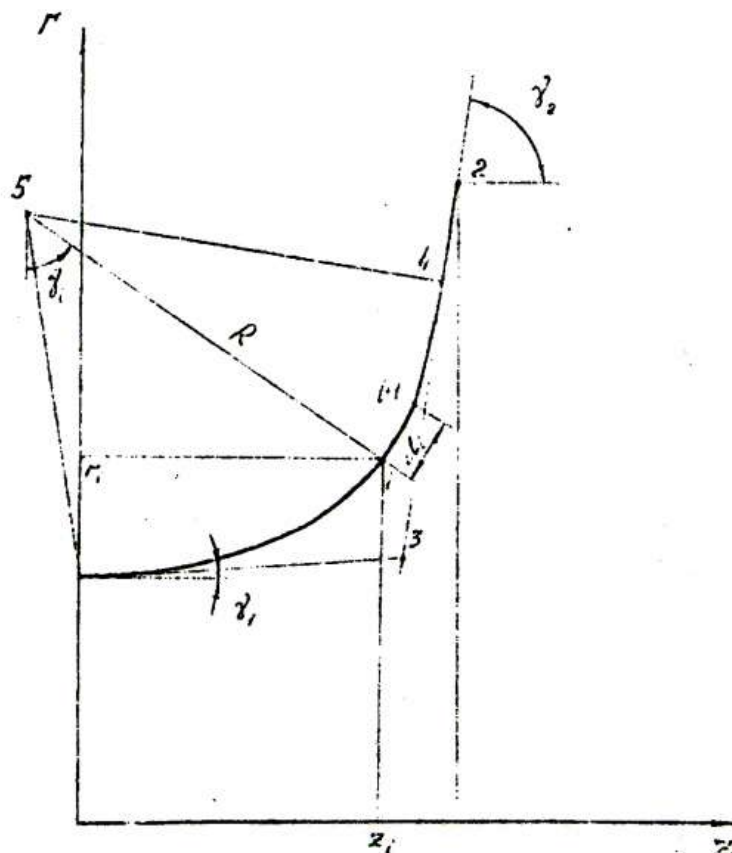


Рисунок – Построение средней линии осерадиального канала

Для автоматизированного проектирования осерадиального канала принимается следующая схема:

- выполняется построение средней линии осерадиального канала как сопряжение дуг окружности с радиусом R , проходящей через точку 0 с координатами z_0 и r_0 под углом γ_1 и прямой, проходящей через точку 2 с координатами z_2 и r_2 под углом γ_2 (см. рисунок).

Уравнение прямой, проходящей через точку 0 под углом γ к оси Z :

$$r - r_0 = (z - z_0) \cdot \operatorname{tg} \gamma_1. \quad (1)$$

Аналогично для прямой, проходящей через точку 2:

$$r - r_2 = (z - z_2) \cdot \operatorname{tg} \gamma_2. \quad (2)$$

Координаты точки 3 находим, решая систему из двух предыдущих уравнений:

$$z_3 = \frac{r_0 - r_2 + z_2 \cdot \operatorname{tg} \gamma_2 - z_0 \cdot \operatorname{tg} \gamma_1}{\operatorname{tg} \gamma_2 - \operatorname{tg} \gamma_1}; \quad (3)$$

$$r_3 = r_0 + (z_3 - z_0) \cdot \operatorname{tg} \gamma_1. \quad (4)$$

Координаты точки 4 определяем из условия равенства отрезков 03 и 34.

Длина отрезка 03 равна:

$$l_{03} = \sqrt{(z_3 - z_0)^2 + (r_3 - r_0)^2}, \quad (5)$$

$$z_4 = z_3 + l_{03} \cdot \cos \gamma_2. \quad (6)$$

Тогда:
$$r_4 = r_3 + l_{03} \cdot \sin \gamma_2. \quad (7)$$

Координаты центра радиуса окружности (т. 5) определяются как координаты точки пересечения прямых 05 и 54.

Ширина канала определяется по задаваемому закону изменения площади поперечного сечения осерадиального канала. При квадратичном законе изменения площади поперечного сечения расчетная формула имеет следующий вид

$$F_i = F_0 + \frac{F_2 - F_0}{l_{02}} \cdot l_i + f_2 \cdot l_i (l_{02} - l_i). \quad (8)$$

Уравнение образующих периферийной и втулочной осесимметричной поверхности определяется в виде кривых второго порядка:

$$y^2 + Ax^2 + 2Bxy + 2Cy + 2Dx + E = 0. \quad (9)$$

РАСЧЕТ И ИССЛЕДОВАНИЕ ТУРБОДЕТАНДЕРА ДЛЯ СТЕНДА РЕКОНДЕНСАЦИИ МЕТАНА

*В.В. Гетало, С.М. Ванеев (СумГУ),
В.М. Татаринов (ОАО "Сумское НПО им. М. В. Фрунзе")*

Технология реконденсации метана является очень перспективной, и интерес к ней будет со временем расти. В ОАО «Сумское НПО им. М.В. Фрунзе» создан стенд, предназначенный для отработки технологии реконденсации паров метана при перевозке сжиженного природного газа на судах-танкерах и демонстрации процесса реконденсации метана потенциальным заказчикам. Суда-танкеры доставляют метан в страны, к которым невозможно или очень сложно проложить трубопровод. На них перевозятся четыре шаровидных баллона диаметром 40 метров с метаном. По расчетам такая технология может окупиться за 4 рейса, совершаемых танкером, что составляет порядка 8 месяцев.

Стенд состоит из холодильного комплекса сжижения метана с азотным циклом и систем: осушки и очистки газа, обратного водоснабжения, подачи воздуха КИП и А, сброса газа на свечу. Особенностью системы обратного водоснабжения является использование забортной воды, что позволяет уменьшить затраты на энергоносители.

Основным узлом азотного цикла является компрессорный агрегат, состоящий из компрессора, мультипликатора и электродвигателя, мощностью 6,3 МВт. Компрессор центробежный двухсекционный. На одном валу с электродвигателем расположен турбодетандер. Азотный цикл осуществляет охлаждения азота до требуемой температуры. На вход в турбодетандер азот должен подаваться под давлением 5,9 МПа при температуре 160 К (-113°C) в количестве 15 кг/с. С выхода детандера азот, охлажденный до температуры $T=110$ К (-163°C) за счет расширения в детандере, поступает в теплообменник «азот-метан», где происходит отбор тепла от потока метана, его сжижения и затем сбор в емкость.

Испытания и исследования турбодетандера в составе стенда проводятся с января 2003 года. Было испытано несколько вариантов рабочих колес и сопловых аппаратов турбодетандера, отличающихся материалом и геометрическими параметрами. В частности, были испытаны рабочие колеса турбодетандера, изготовленные из нержавеющей стали и из титана. Результаты исследований показали, что в изначально предложенной норвежской фирмой «Moss Maritime a.s.» схеме стенда были заложены очень высокие значения КПД компрессоров и турбодетандеров, а также показателей эффективности теплообменного оборудования, не были учтены потери холода в окружающую среду. Поэтому существующее оборудование стенда требует доработки с учетом реальных параметров его эффективности.

В докладе приводятся некоторые результаты исследований турбодетандера в составе стенда реконденсации метана.

АНАЛИЗ ГИДРОДИНАМИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В ЖИДКОСТНО-КОЛЬЦЕВЫХ КОМПРЕССОРНЫХ МАШИНАХ ПРИ ДОБЫЧЕ ШАХТНОГО МЕТАНА

В.Н. Козин

В настоящее время не только на территории Донбасса, но и во всей Украине очень остро стоит проблема по проведению дегазации и утилизации шахтного метана. Решение данной проблемы позволило бы решить сразу две задачи – улучшить безопасность шахт и шахтерских городов и уменьшить выброс метана в атмосферу (влияние CH_4 на «парниковый эффект» в 22 раза интенсивней чем CO_2).

Концентрация метана при откачке его из шахты составляет порядка 25-40%, что делает возможным его дальнейшее использование в качестве топлива для газо-поршневых, газотурбинных установок, теплостанций. В данном случае также возникает проблема в подборе типа и проектировании вакуумного насоса. Как вариант, в качестве вакуумного насоса предлагается жидкостно-кольцевая компрессорная машина (ЖКМ).

Недостатком ЖКМ является низкий изотермический КПД, достигающий при загнутых вперед лопатках 30 – 40 % (у крупных машин – до 52 %), а, следовательно, высокое значение мощности, обусловленное необходимостью вращения жидкостного кольца. В ЖКМ потери на гидравлическое трение составляют до половины всех потерь, затрачиваемых машинами данного класса для сжатия газов. В связи с этим весьма актуальной является задача исследования потерь механической энергии в жидкостном кольце машины с целью их снижения.

Мощность N_e на валу ЖКМ условно разделим на 3 составляющие:

$$N_e = N_{cse} + N_A + N_{\Pi} , \quad (1)$$

где N_{cse} – мощность, затрачиваемая на сжатие парогазовой смеси, включая потери в окнах и потери, связанные с термодинамическим несовершенством цикла машины; N_A – мощность гидродинамических потерь, затрачиваемая на перемещение жидкостного кольца; N_{Π} – потери мощности в подшипниках и торцевых уплотнениях.

Если составляющие N_{cse} и N_{Π} хорошо исследованы, и для их определения существуют разработанные математические модели, то с определением мощности гидродинамических потерь дело обстоит несколько хуже.

Так согласно одной из методик по определению мощности гидродинамических потерь предлагается определять мощность гидродинамических потерь в следующем виде:

$$N_{\bar{A}} = N_R + N_W \quad (2)$$

Автор вводит коэффициенты мощности: K_R , учитывающий составляющую мощности $N_{\bar{A}}$, связанную с вращательным движением жидкостного кольца внутри корпуса, которую обозначает N_R ; и K_W (составляющая мощности соответственно N_W) – мощность гидродинамических потерь, связанных с относительным движением жидкости в колесе ЖКМ.

Слагаемые N_R и N_W определяются следующим образом:

$$N_R = K_R \cdot \rho \cdot \omega_2^3 \cdot R_2^5 \quad (3)$$

$$N_W = K_W \cdot \rho \cdot R_2 \cdot B_2 \cdot (\omega_2 \cdot R_2 \cdot \bar{e})^3 \quad (4)$$

где ρ – плотность рабочей жидкости; ω_2 – угловая скорость вращения рабочего колеса ЖКМ; R_2 – радиус рабочего колеса ЖКМ; \bar{e} – относительный эксцентриситет; $K_W = f(\text{Re}_W)$ – коэффициент мощности в относительном движении, определяется критерием Рейнольдса в относительном движении:

$$\text{Re}_W = \frac{\bar{e} \cdot U_2 \cdot 4 \cdot R_{AW}}{v_{\omega}} = \frac{\bar{e} \cdot R_2 \cdot \omega_2 \cdot \pi \cdot R_2 \cdot B_2}{v_{\omega} \cdot (2 \cdot \pi \cdot R_2 + z \cdot B_2)}, \quad (5)$$

где z – количество лопаток рабочего колеса.

$K_R = f(\text{Re}_R)$ – коэффициент мощности во вращательном движении, определяется критерием Рейнольдса во вращательном движении:

$$\text{Re}_R = \frac{U_2 \cdot D_2}{v_{\omega}} = \frac{2 \cdot R_2^2 \cdot \omega_2}{v_{\omega}}, \quad (6)$$

На основании предварительно полученных результатов расчета ЖКМ для различных рабочих сред (метанол, дизельное топливо, масло трансформаторное, вода и пр.) при откачке шахтного метана с концентрацией 10 – 30 % могут быть получены новые зависимости $K_R = f(\text{Re}_R)$ и $K_W = f(\text{Re}_W)$, согласно которым можно дополнительно уточнить значение мощности гидродинамических потерь $N_{\bar{A}}$ и выявить пути ее уменьшения.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ СРАВНЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЖЕКТОРНЫХ СТУПЕНЕЙ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ

Д.А. Левченко

Жидкостнокольцевые вакуумные насосы (ЖКВН) широко применяются в различных технологических процессах химической и пищевой промышленности, где требуется поддержание уровня разрежения с абсолютным давлением до 3-5 кПа.

Одноступенчатые жидкостнокольцевые вакуумные насосы проектируют и изготавливают на давления всасывания 20-30 кПа при оптимальной объемной производительности. Однако жидкостнокольцевые вакуумные насосы создают относительно низкий вакуум, что ограничивает их применение. Достижимый в них вакуум определяется давлением насыщенных паров рабочей жидкости, а также конструктивными особенностями – наличие торцевых зазоров между лопастным колесом и корпусом жидкостнокольцевой машины, что приводит к перетеканию газа. Если температура воды в жидкостном кольце равна 15°C, то при давлении 1,7 кПа она закипает и производительность ЖКВН падает до нуля.

Для снижения давления всасывания при сохранении приемлемой объемной производительности на всасывающей патрубке ЖКВН устанавливаются газовые (обычно воздушные) эжекторы.

В настоящее время на кафедре технической теплофизики на базе жидкостнокольцевого вакуум насоса ВВН 1,5/0,4 создан экспериментальный стенд для сравнения характеристик эжекторных ступеней прямоосного и вихревого типов.

Целью работы является:

- сопоставление энергетических и режимных характеристик прямоосного и вихревого эжекторов;
- создание расчетных и экспериментальных методик для определения оптимальной геометрии проточной части воздушного эжектора в качестве предвключенной ступени ЖКВН;
- получение экспериментальных данных по энергетическим характеристикам вакуумного агрегата, работающего в составе ЖКВН с предвключенным воздушным эжектором;
- оптимизация вакуумного агрегата по затрачиваемой удельной мощности и создаваемому вакууму.

После проведенного анализа литературных источников выявлено отсутствие информации по сопоставлению характеристик эжекторных ступеней различных типов, что подтверждает актуальность исследования.

**ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНИХ
ВИРОБНИЦТВ
(Кафедра "Технічна теплофізика")**

ПАРООБРАЗОВАНИЕ В АДИАБАТНЫХ УСКОРЯЮЩИХСЯ ПОТОКАХ ВСКИПАЮЩЕЙ ЖИДКОСТИ

М.Г. Прокопов, В.Н. Марченко

Эффективность струйного термокомпрессора (СТК) в первую очередь определяется совершенством процессов истечения вскипающей жидкости и формирования рабочей струи влажного пара за выходным срезом активного сопла. Для наиболее полного преобразования располагаемой энергии недогретой до насыщения жидкости в кинетическую энергию вытекающей струи пара применяют расширяющиеся каналы, которые по форме близки к соплам Лавала. Известно большое количество экспериментальных и теоретических исследований, посвященных изучению течения вскипающих потоков в расширяющихся каналах в условиях отрицательных градиентов давления. Однако, в связи с чрезвычайной сложностью течения, отличающегося неравновесной метастабильностью состояния фаз, неравномерностью полей скорости и концентрации, структурной неоднородностью среды, межфазным тепло- и массообменом в условиях интенсивного турбулентного переноса, кризисными явлениями, а также из-за ограниченного диапазона режимных и геометрических параметров проводимых экспериментальных исследований, еще не получено достаточно полного и физически обоснованного количественного описания этого процесса.

Построен расчетный метод прогнозирования осредненных параметров в начальном участке кипения, завершающимся структурной инверсией потока. Метод базируется на моделировании кинетики парообразования, метастабильности двухфазной среды, релаксационных обменных процессов и критических режимов течения. Область режимных и геометрических параметров вскипающего потока характеризуется значительными градиентами давления и скорости, исключаящими при низком противодавлении $P_n < P_s(t_0)$ появление скачков уплотнения и конденсации в расширяющемся канале.

Доминирующим механизмом, определяющим скорость парообразования вскипающего потока метастабильно перегретой жидкости на участке инверсии, является испарение во внутрь объема пузырьков, интенсивно генерируемых из устья сопла и увлекаемых потоком жидкости к центру канала.

Таким образом, сформулирована и экспериментально подтверждена теплофизическая модель кипения и кинетики парообразования на участке инверсии потока, основанная на динамической инерционной схеме роста паровых пузырьков.

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПАРΟΣНАБЖЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ.

В. Н. Марченко, Е. А. Шепелев

Существующие системы пароснабжения от центральных котельных характеризуются низкой энергетической эффективностью. Так, по результатам проведенного на ОАО «Сумыхимпром» энергоаудита системы пароснабжения цеха двуокиси титана, включающей заводскую котельную, газовые перегреватели и паропроводы подачи газа, следует, что коэффициент использования топлива составляет 15-20%. За счет модернизации газовых пароперегревателей путем рециркуляции топочных газов можно лишь незначительно повысить эффективность пароснабжения. Существенное повышение степени использования топлива можно получить за счет автоматизации парогенерирующего оборудования, когда пар вырабатывается «на месте» без участия котельной.

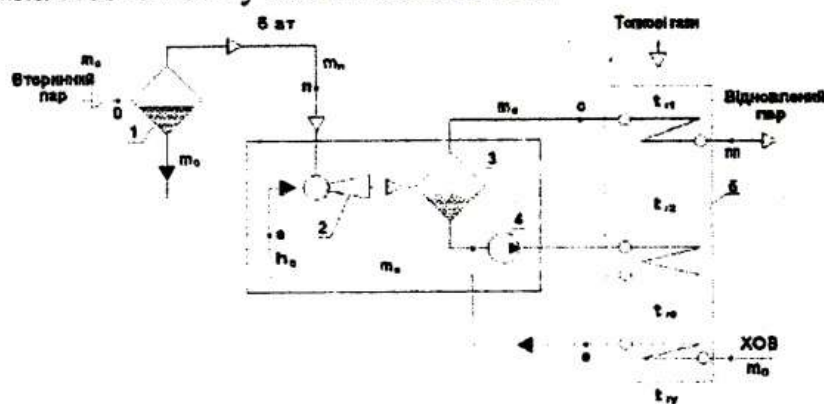


Рисунок 1 – Модернизированная схема подачи пара с струйным термокомпрессором (СТК): 1 – фильтр-сепаратор вторичного пара; 2 – эжектор СТК; 3 – сепаратор СТК; 4 – насос СТК; 5 – газовый перегреватель.

Обрабатываемый на технологии пар поступает в фильтр-сепаратор 1, где разделяется на паровую и жидкую фазы. Сухой насыщенный пар подается в эжектор 2, струйной термокомпресорной установкой (СТК). В качестве рабочей среды применяется подогретая, в газовом пароперегревателе 5 вода, нагнетаемая циркуляционным насосом 4. Сжатый в эжекторе пар после сепаратора 3 и перегрева до требуемой температуры подается на производство. Потери конденсата (M_0) компенсируются подачей химически очищенной воды (ХОВ) в СТК после предварительного подогрева в пароперегревателе до температуры насыщения.

Результаты расчетных исследований свидетельствуют об эффективности автономного пароснабжения на базе СТК, обеспечивающий возвращение отработавшего пара на технологию: стоимость производства пара снижается в 2-2,5 раза.

УМЕНЬШЕНИЕ ВЛИЯНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ГАЗОВОЗДУШНОГО ТРАКТА КОТЛА – УТИЛИЗАТОРА ПГУ – 20 НА МОЩНОСТЬ ГАЗОВОЙ ТУРБИНЫ.

А.Ф. Курилов, И.В. Воробьев, В.В. Колесник

В парогазовых установках, выполненных по разделенной схеме, котел – утилизатор устанавливается на выхлопе ГТУ. Повышая экономичность комбинированных турбинных установок в целом и выполняя (частично) роль глушителя шума на выходе ГТУ, элементы котла – утилизатора создают в то же время дополнительное сопротивление, что повышает давление за последней ступенью газовой турбины. Например, для авиационных газотурбинных двигателей мощностью 16 -25 МВт повышение сопротивления в газоотводящем устройстве ($\Delta P_{вых}$) на 1 кПа приводит к снижению мощности ГТУ приблизительно на 1%. Существенно снизить сопротивление конвективных элементов КУ очень трудно, тем более что для повышения эффективности КУ применяют высокоэффективные тепловоспринимающие поверхности нагрева с профильным и поперечным оребрением, турбулизаторами газовой среды различных конструкций. Понизить давление в газоходе можно созданием искусственной или естественной тяги. Предварительные расчеты показывают, что установка дымососа для искусственной тяги влечет за собой увеличение эксплуатационных расходов, что практически "съедает" прибыль от повышения мощности ГТУ.

Расчетный напор дымососа определяется по формуле:

$$H_0 = \beta_2 \Delta H_n, \text{ кН/м}^2 \quad (1)$$

Который потом приводился к условиям заводской характеристики вентилятора:

$$H_{np} = H_{a(0)} \cdot 1.293 / \rho_a \cdot (t_p + 273) / (t_3 + 273) \cdot 1.01 / h_0, \text{ кН/м}^2 \quad (2)$$

Мощность дымососа определялась:

$$N = \Delta P V, \quad (3)$$

Для увеличения естественной тяги нужно повышать скорость газов в трубе и высоту трубы, что приводит к существенному росту капитальных затрат.

Высота дымовой трубы, в зависимости от задаваемого сопротивления ΔH_n проверялась по формуле:

$$H_{до} = \frac{1,2 \cdot \Delta H_n + (1,1 \cdot h_a'' + \Delta h_{до}) \cdot \frac{\rho'}{1,293} \cdot \frac{1,01}{h_a}}{0,981 \left(\rho_a - \rho' \frac{273}{273 + \theta_{до}} \right) \cdot \frac{h_a}{1,01}}, \quad (4)$$

ПОТЕРЯ ТЕПЛОТЫ С УХОДЯЩИМИ ГАЗАМИ

А.А. Пархоменко, А.Ф. Курилов

Потеря теплоты с уходящими газами является наибольшей. Относительное значение этой потери, %, определяют как

$$q_2 = \frac{Q_2}{Q_p} \cdot 100 \quad (1)$$

где Q_2 - абсолютное значение потери, кДж/кг:

$$Q_2 = (I_{yx} - \alpha_{yx} I_{yx}^0)(1 - 0,01q_4) \quad (2)$$

Снижение температуры уходящих газов на 15-20⁰С приводит к уменьшению потери q_2 или, что то же самое, к росту КПД котла примерно на 1%.

Выбор оптимальной температуры уходящих газов $g_{yx}^{опт}$ требует комплексного технико-экономического решения. Изменение g_{yx} будет существенно влиять на размер поверхностей экономайзера, воздухоподогревателя и регенеративных подогревателей. Последнее вызывает изменение гидравлического сопротивления газового и водяного трактов и расхода на питательный насос и тягодутьевые машины. Следует учесть также возможное изменение расчетной высоты дымовой трубы по условиям рассеяния газов.

Таким образом, дополнительные затраты, грн/год, связанные, например, с понижением температуры уходящих газов и питательной воды при сохранении температуры горячего воздуха можно выразить в следующем виде:

$$Z = \Delta S_{вп} + \Delta S_{эк} - \Delta S_{п} + \Delta S_{тд} - \Delta S_{тл} + \Delta S_{тр} \quad (3)$$

где $\Delta S_{вп}, \Delta S_{эк}$ - дополнительные затраты на увеличение поверхностей воздухоподогревателя и экономайзера; $\Delta S_{тд}$ - то же на оплату электроэнергии в связи с увеличением сопротивления тягодутьевого тракта; $\Delta S_{тр}$ - то же в связи с необходимостью увеличения высоты дымовой трубы; $\Delta S_{тл}$ - то же на оплату топлива ввиду снижения его расхода.

Условие оптимума температуры $g_{yx}^{опт}$ определяется минимумом расчетных затрат, его находят путем решения уравнения

$$\partial Z / \partial g_{yx} = 0 \quad (4)$$

Практически расчетные значения g_{yx} при проектировании паровых котлов составляют от 120 до 160⁰С.

При выборе g_{yx} учитывается также возможность коррозии низкотемпературных поверхностей нагрева, главным образом воздухоподогревателя. Поэтому при сжигании высокосернистых топлив идут на повышение температуры уходящих газов до 140-160⁰С с одновременным подогревом поступающего в воздухоподогреватель воздуха до 60-80⁰С. Кроме того, принимают конструктивные меры к снижению коррозии воздухоподогревателя.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАБОТЫ РЕГУЛИРУЕМОГО КОМПРЕССОРА НА РАЗВЕТВЛЕННУЮ СЕТЬ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Г.А. Бондаренко, А.М. Сидько

Режим потребления сжатого воздуха на промышленных предприятиях, как правило, неравномерный. Регулирование режима работы компрессора производится, в основном, следующими способами:

- дросселированием на всасывании (нагнетании);
- сбросом излишка воздуха.

Такие способы регулирования крайне неэкономичны. Применение таких способов, как изменение частоты вращения компрессора и включение (выключение) компрессоров позволят существенно сократить потребление энергоресурсов.

Целью работы является создание ЭВМ-программы, позволяющей, в зависимости от изменения нагрузки сети, находить оптимальный способ регулирования работы компрессоров на компрессорной станции.

Обычно компрессорная станция работает на разветвленную сеть с разнородными потребителями. Для упрощения анализа потребители сжатого воздуха классифицированы по следующим признакам:

1. по рабочему давлению (постоянное, $p_{\min} \leq p \leq p_{\max}$);
2. по характеру потребления (постоянное, $V = f(\tau)$, случайное);

ЭВМ-программа позволяет вычислять гидравлическое сопротивление участков разветвленной древовидной сети исходя из параметров трубопровода (геометрия, местные сопротивления, шероховатость) и параметров потока (давление, расход) на нагнетании. С учетом гидравлических сопротивлений определяется давление непосредственно у потребителей. Решением системы неравенств находится оптимальная степень воздействия на систему регулирования. Если система неравенств имеет решения, то обеспечивается переход на другое воздействие системы регулирования, например, при уменьшении потребления уменьшается частота вращения компрессора, уменьшается давление на нагнетании. В какой-то момент времени давление у потребителя будет меньше рабочего, что недопустимо. Для предотвращения этого необходимо повысить частоту вращения. Для предотвращения частых переходов компрессора с одного на другой может изменяться степень чувствительности системы регулирования. Кратковременные пиковые нагрузки покрываются за счет емкости сети трубопроводов и емкости ресиверов.

Заложенные в программе алгоритмы позволяют адекватно реагировать на изменение параметров сети в реальном масштабе времени.

РАСЧЁТ ПРОТОЧНОЙ ЧАСТИ ПАРОВОЙ ТУРБИНЫ И ЭЖЕКТОРА ДЛЯ УСТАНОВКИ ПГУ-20

Г.А. Бондаренко, В.А. Лыбенко

Установка ПГУ-20, общей тепловой мощностью 24 Гкал и электрической 20 МВт, в состав которой входит основное оборудование газотурбогенераторной установки ЭГТУ-16ПК: газотурбинный двигатель НК-14СТ с системами обеспечения; редуктор и генератор типа Т-20-2УС с системой возбуждения; паровой котёл-утилизатор К-32/2,0-300-450ГТ.

Паровая конденсационная турбина К-6-17,5/1500-ТТ без отборов пара предназначена для привода генератора переменного тока мощностью 6 МВт через механический редуктор. Турбина работает на перегретом паре при начальном давлении 1,75 МПа и температуре 360 °С перед стопорным клапаном.

Данная турбина не является оптимальной, т.к. присутствует сложная компоновка, относительно относительно низкий внутренний КПД, сложность проточной части (двухпоточная радиально-осевая схема), сложность изготовления и низкая эффективность коротких лопаток на первых ступенях

Эжектор ЭО-30 не обеспечивает необходимое значение вакуума в конденсаторе.

Предлагается установить вместо двухпоточной турбины с одной радиальной ступенью и двумя осевыми ступенями осевую турбину с четырьмя ступенями, однопоточную. Увеличение длины лопаток приведёт к увеличению внутреннего КПД.

Конструктивные характеристики:

- структура турбины – однопоточная, осевая
- число ступеней – 4;
- число подводов пара – 1;
- число выхлопов – 1;
- тип парораспределения – дроссельное;
- тип турбины – активный.

Параметры рассчитываемой турбины:

- давление 1,75 МПа
- температура 360 °С
- расход пара 8,33 кг/с
- температура охлаждающей воды 50 °С
- внутренняя мощность 5,75 МВт
- электрическая мощность 5,36 МВт
- внутренний КПД 0,8

СРАВНЕНИЕ ТЕРМОЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СИСТЕМ ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

В.М. Арсеньев, Т.А. Гурнак

Одним из эффективных способов экономии топлива и защиты окружающей среды является внедрение теплонасосных установок, позволяющих преобразовать теплоту низкопотенциальных источников в теплоту более высокого температурного уровня.

Реализация проектов теплоснабжения с применением теплонасосных систем требует технико-экономического сопоставления с системами традиционного типа, и прежде всего, с теплогенераторами и системами централизованного теплоснабжения.

Эффективность каждой из сопоставляемых систем зависит от многих факторов, и для одних и тех же уровней нагрева среды потребителя, что характерно для систем горячего водоснабжения, при сравнении необходимо учитывать не только показатели энергоэффективности, но и показатели реального экономического эффекта.

Подобный комплексный подход заложен в методологии термозкономического анализа, на базе которого в предлагаемой работе выполнено сравнение моновалентной теплонасосной установки с альтернативными системами горячего водоснабжения.

В качестве параметра для оценки принимается часовая цена эксергии продукта для каждой из сопоставляемых систем. Для ее определения рассматриваются балансовые уравнения термозкономической стоимости, в которых учитываются часовые стоимости эксергетических потоков и экономических затрат, связанных с капитальными инвестициями, потреблением энергоресурсов, обслуживанием и ремонтом.

Для любой из рассматриваемых систем часовая цена эксергии продукта может быть представлена в виде суммы двух составляющих: термодинамической и экономической. Первая из этих составляющих зависит главным образом от эксергетической эффективности (к.п.д.) системы теплогенерации или теплотрансформации. Вторая составляющая во много определяется уровнем тарифов на энергоносители, а для тепловых насосов, выпускаемых зарубежными фирмами, существенное влияние оказывают также высокие значения удельных капитальных затрат на единицу теплопроизводительности, 300...350 \$/кВт.

Несомненный приоритет теплонасосных установок для систем горячего водоснабжения имеет место при использовании в качестве утилизируемой среды низкопотенциальных источников с температурой не ниже 20°C.

Предлагаемая методика позволяет также выполнять сравнение между собой теплонасосных установок различного типа, а также определять пути рациональной реконструкции или замены компонента.

ВЫБОР СХЕМЫ ОЖИЖЕНИЯ АЗОТА ПОЛУЧАЕМОГО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕМБРАННОЙ ТЕХНОЛОГИИ РАЗДЕЛЕНИЯ ВОЗДУХА

В.М. Арсеньев М.И. Проценко

Одним из перспективных направлений в области разделения многокомпонентных газовых смесей является применение мембранной технологии. Подобная технология успешно применяется для получения газообразного азота из воздуха и реализована, например, в азотно-мембранных винтовых станциях серии АМВП и АМВ производства концерна УКРРОСМЕТАЛЛ. Мембранная технология разделения газов является альтернативой дорогим и сложным методам криогенного и адсорбционного газоразделения. Установки серии АМВП и АМВ состоят из трех модулей: компрессорного, подготовки воздуха и мембранного. Они характеризуются достаточно низкими значениями удельного расхода энергии $l_0 = 0,42 \dots 0,6$ кВт.ч/м³ азота для установок средней производительности (от 1 до 10 м³/мин по азоту), при этом получаемый газообразный азот имеет давление на выходе из установки 7...8 бар. Разработаны также стационарные установки НД-20/33 и СД-10/250 с производительностью 10 м³/мин и давлением на выходе 33 и 250 бар.

Целью данной работы является:

- Выбор оптимальной схемы ожижения газообразного азота для установок АМВ, НД и СД концерна УКРРОСМЕТАЛЛ с учетом их производительности и давления азота на выходе;
- Сравнение технико-экономических показателей различных систем разделения и ожижения.

Результаты работы:

- Выполнены расчеты циклов ожижения азота на различные условия по начальному и конечному давлению;
- Приведены сравнительные данные по удельным энергозатратам для различных вариантов сопряжения газоразделительных блоков и модулей ожижения;
- Предложена методика оценки эксергетической эффективности установок ожижения на базе мембранной технологии получения газообразного продукта.

Выводы:

- Выбор схемного решения для ожижения газообразного азота с использованием для его получения установок типа АМВ зависит от выходных параметров азота
- Наилучшие показатели по энергоэффективности достигаются при ожижении по комбинированному циклу среднего давления.

ОПТИМИЗАЦИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАЗОМКНУТОГО РЕГЕНЕРАТИВНОГО ВАКУУМНОГО ЦИКЛА С ТЕПЛОМАССООБМЕНОМ РАЗОМКНУТОЙ ВОЗДУШНОЙ ХОЛОДИЛЬНОЙ МАШИНЫ ДЛЯ ПОСАДКИ С НАТЯГОМ

*Ю.М. Вертепов, Е.А. Омеляненко,
А.В. Можаровский*

В разомкнутых нерегенеративных циклах ГХМ чаще всего рабочим веществом является воздух. Такие холодильные машины называются воздушными (ВХМ). Воздух невзрывоопасен, безопасен экологически, гигиеничен, может подаваться прямо в охлаждаемое помещение, недорог и доступен. Холодный воздух можно использовать в различных холодильных технологиях, применяемых в пищевой, химической, металлургической, машиностроительной и других отраслях промышленности. В ВХМ отвод теплоты сжатого в компрессоре воздуха в окружающую среду можно осуществлять путем тепло- и массообмена в регенеративных теплообменниках в результате чего необходимость в промежуточном холодильнике с водяным охлаждением отпадает.

Необходимым элементом замкнутых нерегенеративных и регенеративных ГХМ является промежуточный холодильник, в котором теплота от сжатого в компрессоре газа отводится в окружающую среду охлаждающей водой с соответствующими эксплуатационным затратам. [1].

Энергетическая эффективность работы разомкнутой ВХМ, работающей по регенеративному вакуумному циклу с тепломассообменом, в значительной степени зависит от оптимального выбора отношения давлений в вакуумном насосе, причём как для теоретического, так и для действительного циклов. В работах [1,2] этот вопрос не нашел отражения, хотя для расчета параметров этих ВХМ необходимо оценить влияние на такие величины, как температура холодного источника T_x и недорекуперация в регенераторах АТР.

Выражение для условного холодильного коэффициента разомкнутой ВХМ, работающей по теоретическому регенеративному вакуумному циклу с тепломассообменом, имеет вид [2]

$$\epsilon_T = \frac{C_p T_x \left(1 - \pi_{\text{ВНТ}}^{\frac{1-k}{k}} \right)}{C_p T_x \left[\frac{T_{\text{ос}}}{T_x} \left(\pi_{\text{ВНТ}}^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right) - \left(1 - \pi_{\text{ВНТ}}^{\frac{1-k}{k}} \right) \right]} \quad (1)$$

Алгоритм расчета условного холодильного коэффициента ϵ удобно представить в виде следующей последовательности вычислений величин, удобной для составления программы расчета на ЭВМ:

$$1. A = 1 - \pi_{\text{внт}}^{\frac{1-\kappa}{\kappa}}$$

$$2. B = \pi_{\text{внт}}^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} - 1$$

$$3. C = \frac{T_{\text{о.с.}}}{T_x} \cdot B$$

$$4. \epsilon_T = \frac{C}{E - B}$$

Выражение для условного холодильного коэффициента разомкнутой ВХМ, работающей по действительному циклу, равна

$$\epsilon = \frac{C_p T_x \left\{ \left[1 - \left(\pi_{\text{внт}} \sigma_{\text{тр}} \sigma_p^2 \sigma_a \right)^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} \right] \cdot \eta_{\text{сд}} - \Delta T_p / T_x \right\}}{C_p T_x \left\{ \frac{(T_{\text{ос}} - \Delta T_p)}{T_x} \left(\pi_{\text{внт}}^{\frac{\kappa-1}{\kappa}} - 1 \right) \cdot \frac{1}{\eta_{\text{свв}}} - \left[1 - \left(\pi_{\text{внт}} \sigma_{\text{тр}} \sigma_p^2 \sigma_a \right)^{\frac{1-\kappa}{\kappa}} \right] \cdot \eta_{\text{сд}} \right\}} \quad (2)$$

Характер зависимости $\epsilon_T = f(\pi_{\text{внт}})$ показывает, что с возрастанием $\pi_{\text{внт}}$ величина ϵ_T уменьшается. Для действительного цикла зависимость $\epsilon_T = f(\pi)$ имеет максимум по величине π_{κ} , лежащей в пределах $\pi_{\kappa} = 2,0$. Для $T_{\text{ос}} = 293\text{К}$ и $T_{\kappa} = 223\text{К}$. анализ зависимости $\epsilon_T = f(T_x)$ показывает, что с увеличением T_x от 213К до 243К ϵ_T увеличивается на 28%. Анализ зависимости $\epsilon = f(\Delta T_p)$ показывает, что при повышении ΔT_p от 2 до 5 градусов ϵ снижается на 24%.

Список источников

1. Холодильные машины. Под ред. И.А. Сакуна.-Л.: Машиностроение, 1985-506с.
2. Тепловые и конструктивные расчеты холодильных машин. Под ред. И.А. Сакуна-Л.: машиностроение, 1987-422с.

**ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ
МАТЕРІАЛІВ ТА
МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО**

ВПЛИВ ПЛАСТИЧНОЇ ОБРОБКИ НА ПРОТІКАННЯ ХІМІКО-ТЕРМІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ПРИКЛАДІ СИЛІЦІЮВАННЯ

Л.Ф.Руденко, О.В. Жук

Для здешевлення виробів, зменшення витрат енергетичних ресурсів на даний час все більш постає питання застосування хіміко-термічних процесів та прискорення дифузії при процесі насичення.

На даний час провідною тенденцією у галузі хіміко-термічної обробки є насичення поверхневого шару сталей та сплавів різноманітними елементами. Це пов'язано з необхідністю поліпшення цілого ряду експлуатаційних властивостей.

Процес насичення є досить тривалим і для його прискорення необхідно вивчати залежність структури сталей та сплавів від здатності насичатися іншими елементами при, тобто коефіцієнта дифузії.

Знання характеру зміни дифузії від властивостей структури матеріалів в результаті різних видів деформування, що призводить до зміни напруженого стану, та збільшення недосконалості кристалічних ґраток, а це в свою чергу прискорює механізм фізико-хімічних процесів, що відбуваються при хіміко-термічній обробці, відкриває можливості прискорювати і прогнозувати товщину дифузійних шарів, що в кінцевому результаті дозволяє створити керовані технології їх одержання. Недосконалості кристалічної решітки такі як вакансії і дислокації призводять до дірочного і трубчатого ефекту відповідно, при цьому рухливість атомів елемента, що дифундує у поверхню, може збільшуватися у декілька разів.

Проведено дослідження по вивченню впливу остаточних залишкових напруг після двох попередніх обробок: холодна пластична деформація, високотемпературна термомеханічна обробка на хіміко-термічну обробку – силіціювання. Матеріал – сталь 20.

Дослід проходив таким чином:

1.Зразки зі сталі 20 були оброблені ХПД, осадка 40%, та ВТМО, осадка 55% (температура деформації контролювалася термopарою).

2.По три зразки з кожних видів напруженого стану: після відпалу, ХПД та ВТМО засипалися сумішшю порошків для силіціювання – феросиліцій – 80%, Al_2O_3 – 15%, NH_4Cl – 5% і поміщені у герметичні реторти. Процес проводили при $T = 950$ °C і витримці 6 годин.

3.При дослідженні одержаних структур були отримані такі товщини силіційованих шарів (в поверхневому шарі згідно діаграми Fe-Si знаходиться 11-13% Si): зразок після відпалу – 0,2 мм, після ВТМО – 0,35 мм, ХПД – 0,55-0,6.

Дослід показав, що збільшення недосконалостей кристалічних ґраток призводить до збільшення рухливості дифузійних атомів.

ВПЛИВ СТРУКТУРНОЇ СПАДКОВОСТІ НА ДИФУЗІЙНІ ПРОЦЕСИ В СТАЛІ

В.О. Пчелінцев, О.О. Пляхтур

В машинобудуванні йде тенденція по зменшенню собівартості продукції, при незмінній якості продукції, тобто заміну «дорогих» поліпшувальних середньовуглецевих та високолегованих сталей (Ni, Mo, W, Ti) на більш дешеві низьковуглецеві та середньолеговані сталі з послідуною хіміко-термічною обробкою, для придання їм певних властивостей.

Одним із перспективних методів отримання виробів є високоточне лиття. Перевагою цього методу є високий коефіцієнт виходу годного (близько 95%), зменшення припусків на механічну обробку, отримання поверхонь з високою чистотою, це приводить до зменшення трудовитрат на подальшу механічну обробку, в наслідок чого скорочується час виготовлення певних виробів.

Провідним методом для підвищення якості литих виробів є вплив на процеси кристалізації сплаву та фазове перетворення в твердому стані, що є факторами підвищення механічних та експлуатаційних властивостей виробів.

Дослідження процесів кристалізації показують, що умови тверднення мають вирішальне значення у формуванні макро- і мікроструктури виливків та визначають їх поведінку при подальшій термічній, та хіміко-термічній обробці.

Головним чиним на швидкість росту кристалів впливає переохолодження металу. На величину переохолодження можна впливати як перегрівом металу так і швидкістю охолодження сплаву, тобто в сплаві певного складу єдиним чинником, що може впливати на величину зерна є зміна швидкості кристалізації. Збільшення швидкості кристалізації від $5^{\circ}\text{C}/\text{с}$ до $350^{\circ}\text{C}/\text{с}$ прискорює швидкість зародження кристалів та зменшує швидкість їх росту, зменшує здатність до дифузії хімічних елементів, що забезпечує меншу здатність до коагуляції і виділення хімічних елементів у вільному виді та фіксує їх у твердому розчині.

Умови, при яких проходила кристалізація впливають не тільки на характеристики литої структури а також зумовлюють спадкування структурних змін: збереження викривлень та дисперсності кристалічної будови при наступних операціях термічної та хіміко-термічної обробки.

В основі хіміко-термічних процесів покладено явище дифузії, яке можна прискорити за рахунок підвищення температури, або створення сприятливих умов для проникнення атомів дифундуючої речовини у метал.

Було проведено цементацію зразків при температурі $920-940^{\circ}\text{C}$ з витримкою 20 годин.

Інтенсивність дифузійних процесів більше по границям зерен в декілька разів, чим крізь тіло зерна. Гранична дифузія характеризується

меншим значенням енергії активації ніж об'ємна. Причиною цього є накопичення дефектів на границях зерен (що обумовлені швидкістю охолодження). Чим сильніше розвинена поверхня границь між кристалітами, тим вища гранична дифузія.

Металографічний аналіз цементованого шару досліджуваних зразків показав, що структура ділиться на декілька зон: на поверхні має структуру перліту, плавно переходячого в перехідну зону (перліт – феррито-троостит) далі простягається зона основного металу та спостерігається закономірний зв'язок протяжності евтектоїдної зони при дифузійному насиченні що пов'язано з будовою та дисперсністю литої структури, зумовленої швидкістю охолодження зразків. Так як при цементації повільноохолоджених зразків гранична дифузія приблизно дорівнює об'ємній, а при швидкому охолодженні гранична дифузія на порядок вища за об'ємну.

Встановлено, що загальна глибина дифузійного шару досліджуваних зразків зростає пропорційно швидкості охолодження при кристалізації. Відповідно зростає протяжність евтектоїдної зони та перехідної зони дифузійного шару.

Металографічний аналіз показав, що з підвищенням швидкості охолодження зменшується глибина перлітної області та збільшується глибина перехідної зони що приводить до уширення цементованого слою взагалі. Таким чином з підвищенням швидкості охолодження дифузійні процеси протікають швидше за рахунок викривлень кристалевої ґратки, недосконалостей кристалічної будови, що обумовлені проявом спадковості вихідної структури.

Отримані дані рентгенографічного дослідження показують що навіть після 20 годин аустенізуючого нагріву при температурі 920-940°C (цементация) в зразках, що охолоджувались зі швидкістю 350°C/c залишаються залишкові викривлення кристалевої ґратки, що обумовлює прояв спадковості. А зразки що повільно охолоджувались (5°C/c) перейшли в рівноважений стан. Зміна уширення розмитості дифрактограмм в порівнянні зони короткоосних кристалів з зоною дендритних менша ніж зміна уширення між дифрактограмою дендритних кристалів та рівноосної зони (що пов'язано зі швидкістю охолодження).

Таким чином можна вважати що більша дисперсність, більша недосконалість вихідної структури сприяють більш ефективному проходженню дифузійних процесів. Встановили що будова первинної структури литої сталі залежить від умов кристалізації та впливає на глибину цементованого шару. У швидкоохолоджених зразках більша глибина цементованого слою показує на підвищення інтенсивності дифузійних процесів, що є наслідком збільшенню протяжності границь зерен завдяки утворенню більш дисперсної структури та залишкових викривлень кристалевої ґратки також спостерігається збереження дисперсності структурних зон, при тривалій витримці в аустенітній області, у швидкоохолоджених зразках в порівнянні з повільноохолодженими.

ВЛИЯНИЕ НИТРОЦЕМЕНТАЦИИ С НАГРЕВОМ ТОКАМИ ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ НА СВОЙСТВА И СТРУКТУРУ СТАЛИ 30ХГТ ВАЛА-ШЕСТЕРНИ

В.Н.Раб, Е.А.Авраменко

Оптимальные свойства и конструктивная прочность вала-шестерни, подвергнутого нитроцементации в пастах с нагревом токами высокой частоты, обеспечиваются при некоторой строго определенной степени насыщения диффузионного слоя углеродом и азотом и оптимальной структуре слоя и сердцевины. При разработке технологии нитроцементации с нагревом т. в. ч. были изучены следующие технологические факторы: различный состав и толщина пасты, влияние температуры и времени процесса.

Литературные данные по составу пасты очень разнообразны. Для определения оптимального состава пасты были проведены экспериментальные работы. В результате которых было установлено оптимальное соотношение компонентов в нитроцементованной пасте, а именно:

Желтая кровяная соль	20-60 %.
Древесный уголь	30-70 %.
Углекислый барий	10 %.

В качестве связующего использовали этилсиликат.

Именно такое соотношение компонентов позволяет интенсифицировать процесс и повысить качество поверхности.

Нанесение пасты на детали производится окунанием. Оптимальная толщина слоя обмазки 0,5 мм. Слишком толстый слой обмазки вызывает отвод тепла от поверхности детали; в результате снижается активность процесса. Затем просушиваем в течение 1 ч при температуре 70-80°C, нагреваем т. в. ч. с помощью индуктора в течение 1,5-2 мин до температуры 960-980° С и далее – закаливаем в масле. Чем быстрее происходит нагрев, тем выше получается твердость, так как при медленном нагреве часть активных составляющих пасты улетучивается. Потом проводим низкий отпуск при температуре 160-180°C. В результате твердость поверхности HV 800, сердцевины – HRC 28-32, а глубина упрочненного слоя 0,15-0,30 мм. Структура окончательно обработанного изделия с поверхности представляет собой мелкоигльчатый мартенсит отпуска с включениями карбонитридов и небольшим количеством остаточного аустенита. Эвтектоидный подслой имеет структуру отпущенного мартенсита, а структура сердцевины – сорбит.

В результате исследований было установлено, что нитроцементация пастами с нагревом т. в. ч. имеет ряд преимуществ: кратковременность процесса, уменьшение деформаций во время нагрева и охлаждения, полное устранение окисления и обезуглероживания, уменьшение затрат энергии на нагрев, высокая производительность и получение более высоких механических свойств, чем при обычной закалке или химико-термической обработке.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ХРОМИРОВАНИЯ НА СТРУКТУРУ И СВОЙСТВА СТАЛИ 25ХМФЛ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОЛЕСА РАБОЧЕГО ПИТАТЕЛЬНОГО ТУРБОНАСОСА ТИПА ПТН – 1150 – 340

Т.А. Жовба, В.И. Сизова

В данной работе проведен эксперимент по повышению эксплуатационных свойств рабочих колес. Колесо рабочее является основной составляющей частью центробежного питательного турбонасоса, обеспечивающего подачу и напор горячей, чистой, питательной воды в паровые котлы тепловых электростанций. Рабочие колеса подвергаются воздействию больших динамических нагрузок от давления жидкости на лопатки, от центробежных сил и вибраций при наличии неуравновешенных сил. Также рабочие колеса подвержены интенсивному износу под действием трения, эрозии, кавитационного разрушения и других факторов. В первую очередь изнашиваются лопатки рабочих колес, щелевые уплотнения, посадочные поверхности под вал.

Заготовка рабочего колеса изготавливается литьем по выплавляемым моделям. С помощью ручной дуговой сварки к колесу привариваются импеллерные ребра.

Исходя из условий эксплуатации и метода формообразования, выбрана сталь 25ХМФЛ. Для устранения дендритной и внутрикристаллитной ликвации отливки подвергают диффузионному отжигу при 950 – 1000°С. Для уменьшения остаточных напряжений в изделии после сварки применяют низкий отжиг при 650 – 700 °С.

Для обеспечения высокой износостойкости, коррозионной стойкости и стойкости против кавитации выбран процесс ХТО – диффузионное хромирование. Техническое исполнение этого вида ХТО может быть выполнено рядом способов: погружением детали в расплавы солей насыщающего металла, насыщения поверхности детали из газовой фазы, состоящей из галогенидов диффундирующего металла, диффузии насыщающего металла путем его испарения из сублимированной фазы, метода циркуляционного газового насыщения. Нами было выбрано хромирование в порошках в вакууме. Хромирование проводили в порошке следующего состава: феррохром – 80, Al_2O_3 – 15, хлористый аммоний – 5. Процесс проводили при температуре 950-1000°С, в течении 8 часов разрежение вакуума 10^{-2} - 10^{-3} мм рт. ст. Для упрочнения сердцевины проводили закалку при 870-890°С с последующим охлаждением в масле и низкий отпуск при 200-250°С.

В результате проведенных исследований были получены следующие результаты: твердость поверхности $H_{\mu} = 1685$; твердость сердцевины HRC 36-38; толщина хромированного слоя 0,02 мм; фазовый состав слоя $Cr_{23}C_6$; $Cr_{23}C_6 + \alpha$ твердый раствор.

ВПЛИВ ПРОЦЕСУ СИЛІЦІЮВАННЯ В СУМІШІ ПОРОШКІВ НА ВЛАСТИВОСТІ СТАЛЕЙ 40ХН ТА СТАЛІ 45 З ЯКИХ ВИГОТОВЛЕНИЙ ВАЛ НАСОСУ ТИПУ ЕПЗ

Л.Ф.Руденко., Л.В.Носонова.

Вал – відповідальна деталь насосу, що передає обертання від ротора до робочого колеса, що забезпечує працездатність всього насосу. Вал насосу типу ЕПЗ працює в слабоагресивному середовищі з абразивним і кавітаційним зношуванням в умовах циклічних навантажень. Це найточніша деталь насосу, що виготовляється з квалітетами ІТ6, ІТ7. Вихід зі строю деталі в процесі його експлуатації може бути зумовлений такими причинами: втома матеріалу, корозійне руйнування, зношування поверхонь тертя деталей.

Одним з найбільш економічних та ефективних способів збільшення корозійної міцності та зносостійкості є нанесення на робочі поверхні деталей дифузійних покриттів. Покриття дозволяють економити дорогі корозійно-стійкі сталі і сплави. В зв'язку з цим з економічної та технологічної точки зору вигідно виготовляти вал насосу з середньовуглецевих сталей і нанесення на них шару дифузійного силіціювання, при цьому сталі, після силіціювання мають високу корозійну стійкість, а також високу кислотостійкість.

Для виготовлення деталі використовується сталь 14Х17Н2 – корозійностійка, ферито-мартенситного класу. Запропоновану цю сталь замінити на сталь 40ХН та сталь 45, так, як механічні характеристики цих сталей майже не поступаються характеристикам сталі 14Х17Н2, крім того, економічно більш доцільно їх використовувати, так як вміст Сг менший, а процент вмісту Ні знижено від 1,5 – 2,5% до 1,0 - 1,4 та 0,25 %, що суттєво зменшує вартість даних сталей.

Силіціювання здійснювалось в суміші порошоків, яка містить 60% феррохрома, для запобігання спікання суміші, налипання порошоків, а також з метою отримання безпористих шарів ввели 37...38% окису алюмінію і активатором був 1...2% хлористого аммонію, процес проводили в герметично закритій реторті. Температура процесу складала 950 - 1000 °С з витримкою 8 годин. Структура і властивості силіційованого шару визначаються хімічним складом сталей, способом насичення, температурою та тривалістю процесу. Незалежно від способу і параметрів насичення на склад фаз впливає вміст вуглецю, який гальмує дифузію кремнію у сталь, в результаті чого концентрація кремнію і твердість шару збільшується.

В поверхневій зоні силіційованого шару міститься до 13 - 15 %Si, при цьому концентрація кремнію по глибині шару спочатку змінюється мало, а потім різко знижується. Силіціювання підвищило корозійну міцність сталі 45 в 3 рази в порівнянні з несиліційованою.

ХИМИКО-ТЕРМИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ВАЛА НАСОСА ЦНСС

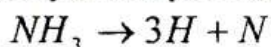
В. А. Пчелинцев, Д. М. Турдыев

Данный вал является составной частью насоса ЦНСС (центробежный насос секционный специальный) - предназначен для подачи в нефтеносные пласты агрессивных нефтепромысловых вод, в том числе сероводородсодержащих, плотностью до 1200 кг/м³, температурой до 80°С. Применяются данные насосы в нефтедобывающей промышленности. Таким образом, вал насоса работает в коррозионной среде.

Материал детали должен иметь хорошие коррозионностойкие свойства и обладать достаточной твердостью на поверхности и достаточной вязкостью сердцевины до 290 НВ, для сопротивления знакопеременным напряжениям. Исходно для данной детали была предложена сталь 14Х17Н2. В связи с тем что предложенная сталь дорогостоящая из – за содержания большого количества хрома, было предложено провести ТО на более дешевой стали, заменив также данную ТО на химико-термическую обработку (ХТО) которая бы по качеству полученных результатов не уступала бы предложенной заводской.

Для сравнения было проведено два процесса ХТО: азотирование на стали 38Х2МЮА, и хромирование на стали 35ХМ.

Режим азотирования включает предварительную термообработку – закалка с двумя высокими отпусками, далее следует насыщение азотом. Антикоррозионное азотирование проводилось при температуре 650–750°С, в течении 5-10 часов в газовой среде. Карбюризатором был выбран аммиак, который в печи диссоциирует по следующей реакции:



Структура азотированного случая в конечном случае состоит из нитридов. Твердость на поверхности слоя примерно 700 единиц НВ, и 295 НВ в сердцевине. Сталь после ХТО обладает требуемыми антикоррозионными свойствами, что при низком содержании Cr и Ni делает эту сталь более экономически выгодной по сравнению с исходной сталью.

Второй предложенный процесс – хромирование, более выгодный т.к. в отличии от азотирования является более прогрессивным и позволяет получить повышенную коррозионную стойкость на такой низколегированной стали как 35ХМ без применения специального оборудования. Хромирование проводилось в порошкообразных смесях с активизаторами при температуре 1000°С в течении 8-10 часов с последующей закалкой и низким отпуском. Результаты данного процесса: твердость сердцевины 235...302 НВ; твердость хромированного слоя до 1600 Н_ц, толщина хромированного слоя 0,015 - 0,03мм.

Таким образом, исходя из условий экономичности стали (содержания легирующих элементов), простоты и эффективности процесса было предложено проведение ХТО (хромирование), заменив заводскую технологию и рассмотренную ранее ХТО – азотирование.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНГРАДИЕНТОВ ПОРОШКОВОЙ ПРОВОЛОКИ ДЛЯ НАПЛАВКИ СЕРОГО ЧУГУНА

А.И.Любич., Ю.А.Данилова

Известно, что чугун относится к трудносвариваемым материалам. Поэтому для сварки серого чугуна разработано множество сварочных материалов и технологий. Для образования в наплавленном металле серого чугуна, в промышленности используются различные порошковые проволоки. Однако существующие проволоки не обеспечивают высокой стабильности дугового процесса, что не позволяет выполнять сварку тонкостенных деталей. Поэтому было принято решение о разработке порошковой проволоки, которая бы обеспечила высокую стабильность дугового процесса.

Согласно ГОСТу 1412-85 твердость наплавленного металла должна находиться в пределах 170-240 НВ. Химический состав должен быть (мас.,%): 3,2-3,5 С, 1,4-2,4 Si, 0,7-1,0 Mn, 0,15 S и 0,2 P. Сумма содержания углерода и кремния должна быть ~ 5,9%.

Количество структурно свободного графита определяли по формуле А.Ф.Ланды:

$$C_{гр} = \frac{75 \cdot C_{св} + 40}{\sigma_B} - 1 = 2,8,$$

где $C_{св}$ – количество связанного углерода равно 0,6%;

σ_B – временное сопротивление при растяжении равно 225 МПа.

Общее количество углерода будет равно 3,4%, а кремния 2,5 согласно диаграммы Грейнера-Кменгенштейна.

На основании полученных данных разработана порошковая проволока с введением в ее состав кальция и титана. Расчет порошковой проволоки выполняли по методике разработанной Уральским политехническим институтом. Расчет показал, что в состав проволоки необходимо ввести (мас.%): 8,6 графита, 8,7 силикокальция, 1,4 ферротитана, 1,3 – ферромарганца и 6,0 железного порошка.

Пластины из чугуна перед сваркой предварительно нагревали до $T=873K$. После выполнения сварочных работ пластины нагревали до $T=873K$ с выдержкой при этой температуре ~ 30 мин. Дальнейшее охлаждение пластин выполняли с печью. Особенно сильно способствует графитизации кремний при содержании его в чугуне до 4,0%. С дальнейшим увеличением концентрации кремния степень графитизации увеличивается очень медленно. При больших переохлаждениях кремний тормозит ферритообразование. Введение марганца в состав чугуна в пределах от 0,6 до 2,0% препятствует образованию мартенсита и нейтрализует действие серы.

Таким образом, чтобы получить наплавленный металл с идентичным составом и структурой серому чугуну необходимо чтобы в его составе усвоилось (мас.%): углерода 2,8-3,8, кремния 2,5-3,5 и марганца 0,6-2,0.

ЗМІСТ

54

ХІМІЧНІ НАУКИ

Хижняк Т.А., Кулиш А.С., Лебедев С.Ю. Изучение кинетики гидролиза сахарозы. Влияние природы кислоты . . . . .	.4
Клепальская Т.С., Коваленко О.В., Воробьева И.Г. Исследование содержания иона фтора в природных водоемах . . . . .	.5
Костина М.В., Мельниченко Н.Е., Миронович Л.М. Новый метод синтеза 4-метил-5-оксо-3-трифторметил-6-фенил-1,2,4-триазина . . . . .	.6
Павленко А.А., Миронович Л.М. Исследование полимерсодержащих отходов . . . . .	.7
Ефименко С.М., Полетавкин А.В., Миронович Л.М. Реакции нуклеофильного присоединения и замещения амино(гидразино) 1,2,4-триазинов . . . . .	.8
Никозять Ю.Б., Иващенко Е.Д., Миронович Л.М. Полимеризационная способность олигомера винилового типа в присутствии инициаторов разного химического строения . . . . .	.9
Голобородько Л.В., Журенко А.Ю., Куцемеля Ю.Ю., Лицман Ю.В. Поліорганосилоксани і матеріали на їх основі . . . . .	.10
Хайбулаев А.А., Диченко Т.В. Влияние качества воды на здоровье населения . . . . .	.12
Дымников П.С., Диченко Т.В. Источники и виды загрязнения атмосферного воздуха . . . . .	.13
Рой И.А., Манжос А.П. Применение анионселективных электродов для анализа природных вод и степени разложения хлорорганических пестицидов . . . . .	.14
Назарьева Е.Н., Толстун Ю.А., Манжос Л.С. Биохимическая коррозия . . . . .	.15
Аблесв О.Г., Марченко Л.И., Большанина С.Б. Исследование твердой фазы при гидратации полугидрата сульфата кальция . . . . .	.16

Аблеев А.Г., Карабаза А.А., Марченко Л.І. Рівень показників буферності ґрунтів в залежності від актуальної кислотності.	.18
Курочка М.С., Корниенко А.Н. Водорозчинні полімери – новий етап розвитку екологічно чистих технологій	.20
Ярмак О.В., Мараховська О.Ю. Встановлення впливу складових розчину для аналізу на результат визначення РЗЕ у відходах підприємства «Сумхімпром»	.20
Гурченко О.О., Павленко А.А. Дослідження можливості визначення титану в чорних шламах виробництва оксиду титану(IV) сульфатнокислим способом	.21
Макарова З.М., Скопенко Ю.А., Павленко А.А. Дослідження можливості розділення та ідентифікації органічних домішок у шламі виробництва гідроксінону	.22
Махненко О.О., Мараховська О.Ю. Дослідження щодо впливу рН середовища на спектрофотометричне визначення комплексів лантану з арсеназо III.	.23
Литвинов О.Г., Штупун Д.А., Шкира А.М. Застосування плівкових оксидів ванадію у сенсорах	.24
Махненко О.О., Роботько В.А., Басов А.Г. Отримання плівкових полімерних покриттів у вакуумі та їх властивості	.24
Романюк Т.В., Ярмак О.В., Корниенко А.Н. Отримання похідних поліетиленгліколю з модифікованими функціональними групами	.25
Якимович Л.Н., Мараховська О.Ю., Корниенко А.Н. Рідкоземельні елементи: незамінність і актуальність	.26

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

621.01

Ремнев А.И. Расчет изгиба орбренных труб для систем теплообмена	.28
---	-----

Тутов Н.Д., Ремнев А.И., Панченко С.В., Старцева Л.И. Оценка качества соединений труба-решетка по диаграммам деформирования.	.30
Тутов Н.Д., Ремнев А.И. Расчет однослойных и многослойных трубных решеток для систем теплообмена.	.32
Акилов А.И., Куценко Т.Н. Методика расчета деформаций и усилий нагружения элементов конструкции хонинговальной головки.	.34
Кононенко С.П., Линник М.Ю. Евтухов В.Г. Совершенствование технологии изготовления деталей типа «втулка».	.37
Доценко С.В., Кушников П.В. Особенности конструкций и работы торцовых фрез с пятигранными МНП.	.38
Хвостик С.Н., Кушников П.В. Усовершенствование технологии изготовления деталей типа «вал-шестерня»	.39
Антонов К.В., Евтухов А.В. Алгоритм нормирования цикла круглого врезного шлифования	.40
Ильяшенко А.А., Евтухов А.В. Имитационное моделирование процесса круглого врезного шлифования	.41
Сахарова С.Н., Савчук В.И. Особенности технологической наследственности на стадии финишной обработки брусками	.42
Порохня С.В., Куманцев А.О., Савчук В.И. Особенности конструкции устройств, применяемых при обработке валов абразивными брусками	.43
Думанчук М.Ю. Использование принципов модульного построения технологических процессов в машиностроении	.44
Захаркин А.У., Тютченко Р.Н. Автоматизация формирования групповых операций	.45

ХІМІЧНА ТЕХНОЛОГІЯ ТА ІНЖЕНЕРІЯ

Савуляк Я.І., Склабінський В.І. Вдосконалення десорбера блоку сушіння газу гнідинцівського ГПЗ . . . . .	.47
Батюк М.В., Склабинский В.И. Исследование послылойной кристаллизации гранул в грануляционной башне . . . . .	.48
Склабінський В.І., Ляпощенко О.О., Логвин А.В., Міщенко О.С. Дослідження гідродинамічних процесів та оцінка ефективності сепаратора тонкої очистки природного газу . . . . .	.49
Врагов А.П., Логвин А.В. Оценка эффективности извлечения углеводородов в маслоабсорбционных установках . . . . .	.50
Врагов А.П., Голубков Я.И. Эффективность работы жидкостного инжектора в составе кристаллизационной установки . . . . .	.51
Михайлов А.С., Врагов А.П., Михайлов С.М. Разработка вакуумной ректификационной колонны в производстве этилового спирта . . . . .	.52
Стороженко В.Я., Ляпощенко О.О., Ляпощенко Д.О. Комп'ютерне моделювання гідродинамічних процесів у газорідному реакторі з турбоелектричним перемішувачем . . . . .	.53
Стороженко В.Я., Ляпощенко О.О., Сміловець В.В. Оптимізація роботи абсорбційної колони установки осушки газу гнідинцівського ГПЗ . . . . .	.54
Немченко В.О., Смирнов В.А., Стороженко В.Я. Исследования эффективности насадки с поперечным перераспределением фаз . . . . .	.55
Захаров Д.А., Михайловский Я.Э. Предпосылки к оптимизационному проектированию ректификационных колонн блока регенерации метанола . . . . .	.56
Пилипец Е.Г., Михайловский Я.Э. Оптимизация выпарного отделения в свеклосахарном производстве . . . . .	.57

Мельникова Т.М., Якушко С.И., Михайловский Я.Э. Пути интенсификации биогазовых установок . . . . .	.58
Белькевич Б.А., Якушко С.И. Биодизель – экологический вид топлива . . . . .	.60
Ляпощенко Д.А., Яхненко С.М. Новые конструкции рабочих колес насосов для перекачивания гидросмесей . . . . .	.62
Осадчий В.А., Яхненко С.М. Требования к проточной части насосов, перекачивающих двухфазные среды . . . . .	.63
Ляпощенко О.О., Маренок В.М., Голубков Я.І. Проектування об'єктів хімічних, нафтогазопереробних і харчових виробництв із застосуванням сучасних САПР/CAD . . . . .	.64
Драковцов С.А. Утилізація відходів деревини в хімічних, енергосберігаючих і природоохоронних технологіях . . . . .	.65
Артюхов А.Є., Склабінський В.І. Дослідження роботи псевдозрідженого шару у вихровому грануляторі . . . . .	.66
Кочергін М.О., Склабінський В.І. Вплив вологовмісту гранул аміачної селітри на їх міцність . . . . .	.68
Врагов А.П., Ясырев В.П. Гидродинамика гидровзвешенного слоя частиц в цилиндроконических аппаратах . . . . .	.69
Маренок В.М. Методи інтенсифікації тепломасообмінних процесів в двофазних, та трьофазних системах з газовою суцільною фазою шляхом застосування вихрового псевдозрідженого шару . . . . .	.70
Кононенко Н.П., Осипов В.А., Колесникова В.Г., Батюк Л.Н. Опытнo-промышленные испытания фильтра плава комплексных удобрений . . . . .	.71
Краевский А.А., Краевский А.И., Кононенко Н.П. Получение приллированного карбамида с повышенными потребительскими свойствами . . . . .	.72
Кононенко Н.П., Покотыло В.Н., Михайлова Т.В. Особенности получения сапропеля в гранулированном виде . . . . .	.73

Кононенко Н.П., Колесникова В.Г. Результаты исследований по получению натурального кофе в гранулированном виде . . . . .	.74
Юхименко Н.П. Основные направления энергосбережения при классификации и охлаждении гранулированного суперфосфата . . . . .	.75
Карпович Э.А., Вакал С.В., Малий Н.И. О переработке низкокарбонатной сирийской фосфатной руды на фосфорную кислоту . . . . .	.78
Хованець Г.І., Євчук І.Ю. Кінетичні закономірності фото(ко)полімеризації моно- і ди(мет)акрилатів до глибоких конверсій . . . . .	.79
Голдак О.С., Киця А.Р., Хавунко О.Ю., Базиляк Л.І. Вплив кобальт (III) ацетилацетонату на кінетику біомолекулярного обриву ланцюга в твердих полімерних матрицях . . . . .	.80

ОБРОБКА МАТЕРІАЛІВ У 621.9 МАШИНОБУДУВАННІ

Ковинев А.Ю., Алексеев А.Н. Тестовый контроль знаний с применением компьютерных технологий. . . . .	.82
Бундюк Ю.В., Алексеенко Д.М. Модернизация плоскошлифовального станка мод. ЗГ71 для использования комбинированных методов шлифования . . . . .	.83
Ковалев А.В., Алексеенко Д.М. Особенности формирования режущего лезвия с малыми углами заострения . . . . .	.84
Сердюк А.Г., Голдун Д.Г. К вопросу о выборе оптимальной технологии обработки глубоких пазов . . . . .	.85
Бабенко Р.Б., Голдун Д.Г. К вопросу о разработке адаптивной системы управления фрезерным станком с ЧПУ . . . . .	.86

Козлов В.Н., Емельяненко С.С. Определение постоянной времени стружкообразования с помощью имитационного моделирования процесса резания методом конечных элементов . . . . .	.87
Емельяненко С.С. Определения устойчивости технологической системы по показателям акустического излучения . . . . .	.88
Купрацевич Ю.Ю., Зинченко Р.Н. 3D модель процесса обработки деталей на кулачковых автоматах продольного точения . . . . .	.90
Булюк А.И., Коротун Н.Н. Станки на основе механизмов параллельной кинематики . . . . .	.93
Ермоленко А.Л., Коротун Н.Н. Повышение точности обработки шпоночных пазов втулок насосного оборудования . . . . .	.94
Кузьмёнко О.В., Коротун М.М. Розширення технологічних можливостей горизонтально-розточувального верстата . . . . .	.95
Кулишов А.В., Коротун Н.Н. Обзор оборудования на основе механизмов параллельной кинематики. . . . .	.96
Глущенко А.О., Коротун М.М. Нарізання конічних зубчастих коліс . . . . .	.98
Кутовий М.П. Сучасний металорізальний збірний інструмент . . . . .	.99
Заводовская В.В., Лагута Г.Г. Проверка точности позиционирования металлорежущих станков (программное и математическое обеспечение) . . . . .	.101
Соколова В.И., Лагута Г.Г. Особенности обработки результатов измерения показателей в лабораторных работах по дисциплине "Теория резания". . . . .	.102
Некрасов С.С. Критерии пластического разрушения. . . . .	.103
Сердюк А.Г., Некрасов С.С. Методика экспериментального определения модели обрабатываемого материала . . . . .	.105

Майборода А.М., Сединкин Л.М. Анализ зажимных приспособлений токарно-револьверных станков . . . . .	.106
Бездидько Е.А., Сединкин Л.М. Изучение влияния включений селена, свинца и теллура на механические свойства сталей . . . . .	.107
Добрынь А.И., Сединкин Л.М. Исследование структуры и химического состава включений селена, свинца и теллура . . . . .	.108
Данильченко А.С., Сединкин Л.М. Исследование влияния присадок селена, свинца и теллура на механику процесса резания . . . . .	.109
Резниченко С.М., Сединкин Л.М. Исследование химического состава защитного слоя на контактных поверхностях инструмента . . . . .	.110
Карпенко А.А., Сединкин Л.М. Исследование обрабатываемости сталей с улучшающими добавками при обработке инструментами из быстрорежущей стали . . . . .	.111
Тимошенко А.М., Сединкин Л.М. Исследование инструментальных материалов с присадками свинца и селена . . . . .	.112
Сорокін А.М. Сучасні тенденції в процесах обробки зубчастих коліс . . . . .	.113
Литвин А.А., Швец С.В. Метод морфологического анализа при разработке схем формообразования. . . . .	.114
Кипенко А.В., Лобанова Ю.В., Швец С.В. Определение исходной инструментальной поверхности для обработки винтовых поверхностей . . . . .	.115
Хвостик С.Н., Криворучко Д.В., Залого В.А. Анализ причин возникновения ошибки прогнозирования методом конечных элементов радиальной проекции силы резания . . . . .	.116

Назаренко С.А., Криворучко Д.В. Обзор современных систем подготовки управляющих программ для ЧПУ	.118
Погоржельская Ю.А., Ивченко А.В., Залого В.А. Управление инструментальной подготовкой производства на машиностроительном предприятии на базе стандартов MRP-II	.119
Банько М.В., Ивченко О.В. Розробка процедури загальної структури оцінювання (CAF) якості діяльності органів місцевого самоврядування на прикладі Попівської сільської ради	.120
Биндюг А.А., Ивченко А.В. Нормативное обеспечение систем управления безопасностью труда на машиностроительном предприятии	.121
Ротт А.А., Ивченко А.В., Залого В.А. Исследование нормативного обеспечения эксплуатации режущего инструмента	.122
Нестеренко А.В., Ткаченко А.В., Дядюра К.А. К вопросу проектирования оптимальной конструкции бумагорезального оборудования на основе анализа процесса резания полиграфических материалов	.123

ТЕХНІЧНА ТЕПЛОФІЗИКА

Попов В.П., Казбан М.С. Расчетное исследование рабочих процессов многоступенчатого поршневого компрессора	621 .125
Карпович Э.А., Рудь А.В. Испаритель аппарата охлаждения установки утилизации окислителя	.126
Калинкевич Н.В., Шевцов А.Н. К определению термодинамических параметров смесей газов с использованием модифицированного уравнения Бенедикта-Вебба-Рубина	.127

Калинкевич Н.В., Калашников А.Н. Определение параметров криволинейной системы координат для расчета течения газа в обратно-направляющих аппаратах центробежного компрессора . . . . .	.129
Калинкевич Н.В., Лысенко А.А., Гавриченко И.В. Расчет пространственных турбулентных течений в центробежных компрессорах . . . . .	.131
Калинкевич Н.В., Гавриченко И.В. Проектирование меридионального контура осесимметричных криволинейных каналов центробежного компрессора . . . . .	.132
Ванеев С.М., Татаринев В.М., Гетало В.В. Расчет и исследование турбодетандера для стенда реконденсации метана . . . . .	.134
Козин В.Н. Анализ гидродинамических потерь в жидкостно-кольцевых компрессорных машинах при добыче шахтного метана . . . . .	.135
Левченко Д.А. Экспериментальный стенд для сравнения характеристик эжекторных ступеней различных типов . . . . .	.137

620.9

ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНИХ ВИРОБНИЦТВ (Кафедра “Технічна теплофізика”)

Марченко В.Н., Прокопов М.Г. Парообразование в адиабатных ускоряющихся потоках вскипающей жидкости . . . . .	.139
Марченко В.Н., Шепелев Е.А. Повышение эффективности пароснабжения технологических объектов промышленных предприятий . . . . .	.140
Курилов А.Ф., Воробьев И.В., Колесник В.В. Уменьшение влияния сопротивления газовоздушного тракта котла – утилизатора ПГУ – 20 на мощность газовой турбины . . . . .	.141

Курилов А.Ф., Пархоменко А.А. Потеря теплоты с уходящими газами.	.142
Бондаренко Г.А., Сидько А.М. Математическая модель работы регулируемого компрессора на разветвленную сеть потребителей	.143
Бондаренко Г.А., Лыбенко В.А. Расчёт проточной части паровой турбины и эжектора для установки ПГУ-20	.144
Арсеньев В.М., Гурнак Т.А. Сравнение термоэкономических показателей систем горячего водоснабжения	.145
Арсеньев В.М., Проценко М.И. Выбор схемы ожижения азота получаемого с использованием мембранной технологии разделения воздуха	.146
Вертепов Ю.М., Омеляненко Е.А., Можаровский А.В. Оптимизация энергетической эффективности разомкнутого регенеративного вакуумного цикла с тепломассообменом разомкнутой воздушной холодильной машины для посадки с натягом	.147

ТЕХНОЛОГІЯ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО 6287

Жук О.В., Руденко Л.Ф. Вплив пластичної обробки на протікання хіміко-термічної обробки на прикладі силіціювання	.150
Пляхтур О.О., Пчелинцев В.А. Вплив структурної спадковості на дифузійні процеси в сталі	.151
Авраменко Е.А., Раб В.Н. Влияние нитроцементации с нагревом токами высокой частоты на свойства и структуру стали 30ХГТ вала-шестерни	.153
Жовба Т.А., Сигова В.И. Исследование влияния хромирования на структуру и свойства стали 25ХМФЛ для изготовления колеса рабочего питательного турбонасоса типа ПТН-1150-340	.154

Носонова Л.В., Руденко Л.Ф. Вплив процесу силіціювання в суміші порошоків на властивості сталей 40ХН та сталі 45 з яких виготовлений вал насосу типу ЕПЗ . . . . .	.155
Турдыев Д.М., Пчелинцев В.А. Химико-термическая обработка вала насоса ЦНСС . . . . .	.156
Данилова Ю.А., Любич А.И. Определение ингредиентов порошковой проволоки для наплавки серого чугуна . . . . .	.157

Наукове видання

МАТЕРІАЛИ
науково-технічної конференції
викладачів, співробітників,
аспірантів і студентів
інженерного факультету
(ЧАСТИНА I)

Відповідальний за випуск В.Г. Євтухов
Комп'ютерне верстання М.Б. Приходченко

Стиль та орфографія авторів збережені.

Підписано до друку 04.04.2007.

Формат 60x84 1/16. Папір офс. Гарнітура Times new Roman Суг.Друк офс.

Ум. друк.арк. *9,99*. Обл.-вид.арк. *12,19*.

Тираж 100 пр.

Зам. № *319*.

Вид-во СумДУ при Сумському державному університеті .

40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру

ДК № 2365 від 08.12.2005 р.

Надруковано в друкарні СумДУ

40007, м. Суми, вул. Римського-Корсакова, 2.

SUMY STATE UNIVERSITY

