

ПРИАЗОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Іванов Ігор Євгенович

УДК 621.922.04

**ТЕХНОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТОЧНОСТІ І
СТАБІЛЬНОСТІ ВИГОТОВЛЕННЯ РІЗЬБОВИХ ОТВОРІВ У
БАЛОНАХ В УМОВАХ МАСОВОГО ВИРОБНИЦТВА**

Спеціальність 05.02.08 – технологія машинобудування

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Маріуполь – 2008

Дисертація є рукописом.

Робота виконана на кафедрі “Технологія машинобудування” Приазовського державного технічного університету Міністерства освіти і науки України (м. Маріуполь)

Науковий керівник доктор технічних наук, професор
Новіков Федір Васильович,
Харківський національний економічний університет,
професор кафедри “Техніка і технології” (м. Харків)

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Сизий Юрій Анатолійович,
Національний технічний університет “Харківський
політехнічний інститут”,
професор кафедри “Технологія машинобудування і
металорізальні верстати” (м. Харків)

кандидат технічних наук, доцент
Воронцов Борис Сергійович,
Східноукраїнський національний університет
ім. В. Даля, доцент кафедри “Технологія машинобудування ”
(м. Луганськ)

Захист відбудеться “25” червня 2008 р. о 14.00 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 12.052.03 в Приазовському державному технічному університеті за адресою: 87500, м. Маріуполь, вул. Університетська, 7

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Приазовського державного технічного університету за адресою: 87500, м. Маріуполь, вул. Університетська, 7

Автореферат розісланий “21” травня 2008 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Гусєв Ю.В.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. При виготовленні балонів в умовах масового виробництва на високопродуктивних автоматичних лініях виникає ряд складних задач по забезпеченню точності і стабільності механічної обробки отворів з конічним різьбленням у горловинах балонів, виготовлених із легованої сталі 30ХМА. Це зв'язано, по-перше, з необхідністю обробки отворів з початковою значною некруглістю (з нерівномірним припуском), що приводить до неврівноваженості сил різання, які діють на ріжучі леза інструмента, деформації елементів технологічної системи і виникненню значних похибок обробки. По-друге, складністю точної установки і базування габаритної заготовки балона при обробці. Застосування типових технологічних процесів обробки отворів із традиційним базуванням по зовнішній сферичній поверхні і торцю горловини балона не дозволило вирішити зазначені задачі. Втрати від браку у зв'язку з низькою якістю конічного різьблення в отворах залишаються високими – на рівні 15%. Це вимагає пошуку нових технологічних рішень по забезпеченню точності і стабільності механічної обробки (в умовах виникнення випадкових похибок обробки), які полягають в науково обґрунтованому виборі оптимального технологічного маршруту і параметрів технологічних переходів, прогресивної схеми базування заготовок балонів і т.д.

Поряд з підвищенням точності і стабільності обробки, важливо домогтися збільшення продуктивності обробки за рахунок застосування прогресивних конструкцій інструментів і концентрації технологічних переходів. Для цього необхідно виконати комплекс теоретичних і експериментальних досліджень технологічних параметрів обробки отворів з конічним різьбленням. Розробити математичну модель визначення похибок при обробці отворів з урахуванням нерівномірності припуску, що знімається, і пружних переміщень у технологічній системі і установити основні умови підвищення точності й продуктивності обробки. Провести структурно-параметричний аналіз і синтез розглянутого технологічного процесу обробки на основі розробленої математичної моделі. У зв'язку із цим, у роботі вирішується важливе і актуальне народногосподарське завдання технологічного забезпечення точності і стабільності виготовлення різьбових отворів у горловинах балонів в умовах масового виробництва на високопродуктивних автоматичних лініях.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана відповідно до наукового напрямку кафедри “Технологія машинобудування” Приазовського державного технічного університету в рамках державної науково-дослідної роботи “Розробка наукових основ підвищення експлуатаційної надійності конструкцій машин і механізмів” (ДР № 0100U002587) і госпдоговірних робіт (ДР № 0104U005769, ДР № 0104U005770). Здобувач брав безпосередню участь у виконанні робіт як відповідальний виконавець.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є підвищення точності механічної обробки різьбових отворів у балонах в умовах масового виробництва на основі теоретично обґрунтованого вибору оптимального маршруту обробки і параметрів технологічних переходів.

Для досягнення зазначеної мети в роботі поставлені наступні задачі:

- розробити математичну модель визначення похибок при механічній обробці отвору з урахуванням нерівномірності припуску, що знімається, і пружних переміщень у технологічній системі й установити основні умови підвищення точності оброблюваного отвору;
- на основі розробленої математичної моделі провести структурно-параметричний аналіз і синтез технологічного процесу механічної обробки різьбових отворів у горловинах балонів в умовах масового виробництва;
- теоретично обґрунтувати вибір прогресивної схеми базування заготовок балонів, оптимального технологічного маршруту і параметрів технологічних переходів обробки різьбових отворів у горловинах балонів в умовах масового виробництва;
- провести експериментальні дослідження параметрів точності обробки отворів і якості нарізування в них конічного різьблення з використанням методів математичної статистики, перевірити і уточнити теоретичні рішення по вибору технологічного маршруту і параметрів технологічних переходів;
- розробити і впровадити у виробництво новий ефективний технологічний процес механічної обробки різьбових отворів у горловинах балонів в умовах масового виробництва.

Об'єкт дослідження – технологічний процес механічної обробки різьбових отворів у горловинах балонів в умовах масового виробництва.

Предмет дослідження – теоретичне визначення умов підвищення точності обробки різьбових отворів у горловинах балонів і на цій основі обґрунтування та вибір прогресивної схеми базування заготовок балонів, оптимального маршруту обробки і параметрів технологічних переходів.

Методи дослідження. Застосовувалися теоретичні методи, що базуються на фундаментальних положеннях технології машинобудування, теорії різання матеріалів, опору матеріалів, математичного аналізу, теорії ймовірностей і математичної статистики; математичне моделювання; експериментальні методи із застосуванням спеціальних пристосувань для виміру розмірів поверхонь горловини балона, калібрів, твердоміра 2110ТБ, профілографа-профілометра мод. 201.

Наукова новизна отриманих результатів. Наукова новизна дисертаційної роботи полягає в теоретичному обґрунтуванні і розробці ефективного технологічного процесу механічної обробки різьбових отворів у горловинах балонів в умовах масового виробництва, що забезпечує підвищення точності і продуктивності обробки, істотно знижує втрати від браку, які мали місце у зв'язку з низькою якістю нарізування конічного різьблення в отворах, і базується:

- на розробленій новій математичній моделі визначення похибок при механічній обробці отвору, яка враховує нерівномірність припуску, що знімається, і пружні переміщення в технологічній системі, і виявлених на її основі умов підвищення точності оброблюваного отвору;
- на вперше встановлених аналітичних залежностях для визначення основних параметрів силової напруженості процесів свердління і розсвердлювання отворів, що враховують умови утворення стружки при різанні і пружно-пластичне деформування металу без відділення стружки;

- на результатах досліджень параметрів точності обробки отворів у горловинах балонів і якості нарізування в них конічного різьблення та виявленому домінуванню випадкового фактора у формуванні похибок обробки;
- на результатах структурно-параметричного аналізу і синтезу досліджуваного технологічного процесу і теоретично обґрунтованому виборі прогресивної схеми базування заготовок балонів, оптимального технологічного маршруту і параметрів технологічних переходів;
- на нових технічних рішеннях по створенню спеціальної інструментальної головки для одночасної обробки поверхонь горловини балона, системи автоматизованого підналагодження зупинки робочого ходу інструментальної головки, кондуктора для підвищення жорсткості технологічної системи і спеціального пристосування для точного встановлення інструментальних головок.

Практична значимість отриманих результатів полягає в тому, що на основі розробленої математичної моделі, проведених теоретичних і експериментальних досліджень створений ефективний технологічний процес механічної обробки різьбових отворів у горловинах балонів в умовах масового виробництва, що забезпечує стабільне виконання вимог по точності обробки й фактично усуває втрати від браку у зв'язку з неякісним нарізуванням конічного різьблення в отворах без підвищення часу обробки балона на автоматичній лінії.

Розроблений технологічний процес впроваджений у ВАТ “Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча”, забезпечує якісне виготовлення балонів різного призначення. Економічний ефект від його впровадження склав 360688 гривень у рік. Результати теоретичних і експериментальних досліджень роботи використовуються в навчальному процесі на кафедрі “Технологія машинобудування” Приазовського державного технічного університету.

Особистий внесок здобувача полягає в тому, що їм розроблена математична модель визначення похибок при обробці отвору з урахуванням нерівномірності припуску, що знімається, і пружних переміщень у технологічній системі. На основі розробленої математичної моделі проведено структурно-параметричний аналіз і синтез технологічного процесу механічної обробки різьбових отворів у балонах в умовах масового виробництва і теоретично обґрунтований вибір прогресивної схеми базування заготовки балона, оптимального технологічного маршруту і параметрів технологічних переходів. Проведено експериментальні дослідження параметрів точності обробки, розроблений і впроваджений у виробництво новий ефективний технологічний процес механічної обробки різьбових отворів у балонах на автоматичній лінії.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи доповідалися й обговорювалися на XI, XII, XIII Міжнародних науково-технічних конференціях “Фізичні і комп'ютерні технології” (м. Харків, 2005-2007 р.р.), XIV і XV Міжнародних науково-практичних конференціях “Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я” (м. Харків, 2006, 2007 р.р.), XV Міжнародному науково-технічному семінарі “Високі технології: тенденції розвитку” (м. Харків, м. Алушта, 2006 р.), IV, V і XI Регіональних науково-технічних конференціях Приазовського державного технічного університету (м. Маріуполь, 1997, 1998, 2004 р.р.), IV і V Міжнародних науково-технічних конфе-

ренціях “Сучасні інструментальні системи, інформаційні технології і інновації” (м. Курськ, Росія, 2006, 2007 р.р.). Роботу в повному обсязі заслухано та схвалено на розширеному науковому семінарі кафедри “Технологія машинобудування” Приазовського державного технічного університету (2008 р.).

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковані в 13 наукових працях, у тому числі 7 наукових праць у виданнях, рекомендованих ВАК України.

Структура й обсяг дисертаційної роботи. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, висновків і дванадцяти додатків. Повний обсяг дисертаційної роботи становить 255 сторінок, з них 104 ілюстрації на 51 сторінці; 13 таблиць за текстом, 4 таблиці на 5 сторінках; 133 найменування використаних літературних джерел на 12 сторінках; 12 додатків на 38 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі дана загальна характеристика роботи, у якій обґрунтована актуальність, новизна і практична значимість отриманих результатів, сформульовані мета і задачі досліджень. Показано особистий внесок здобувача у виконану роботу і результати апробації дисертації.

У першому розділі наведено аналіз базового технологічного процесу механічної обробки отворів з конічним різьбленням у горловинах балонів і показана його низька ефективність у плані забезпечення точності й стабільності обробки, що приводить до значних втрат від браку (15,5%). Виявлено основні причини неякісного нарізування конічного різьблення. Вони складаються, по-перше, у тім, що в процесі закатування (методами пластичного деформування) горловини балона утворюється отвір діаметром 6...16 мм початкової значної некруглості (рис. 1), по-друге, у складності точної установки балона на верстаті в умовах масового виробництва. Це приводить до неспіввісності балона і шпинделя верстата, збільшення нерівномірності припуску, що знімається. В результаті порушується рівновага сил різання, що діють на ріжучі леза осьового багатолезового інструмента, деформуються елементи технологічної системи і виникають різного роду похибки обробки отвору, які важко усунути на переходах розсвердлювання, зенкерування і розгортання, що передують переходу нарізування конічного різьблення



Рис. 1. Горловини балонів у розрізі.

мітчиком. Виходячи із цього, зроблений висновок про необхідність підвищення точності обробки отвору на переходах, що передують переходу нарізування конічного різьблення, за рахунок зменшення або навіть вилучення випадкових похибок обробки, обумовлених

пружними переміщеннями в технологічній системі. Для рішення даної задачі важливо математично виразити величину пружного переміщення через параметри обробки і теоретично обґрунтувати найбільш ефективні шляхи його зменшення, що властиво, і повинно стати основою розробки нового прогресивного технологічного процесу виготовлення отворів з конічним різьбленням у горловинах балонів. Однак, аналіз літературних джерел показав, що величина пружного переміщення, як функція сили різання, традиційно математично описується у вигляді емпіричних залежностей, які в порівнянні з аналітичними залежностями не дають загального уявлення про технологічні можливості процесу обробки і значно звужують діапазон можливих рішень. Тому важливо розробити математичну модель визначення величини пружного переміщення в технологічній системі і відповідно похибок обробки на основі аналітичного опису сили різання при механічній обробці отвору. Це дозволить науково обґрунтовано підійти до структурно-параметричного аналізу і синтезу технологічного процесу, вибору оптимального маршруту і параметрів обробки, прогресивної схеми базування заготовок балонів і в цілому – до розробки ефективного технологічного процесу виготовлення отворів з конічним різьбленням у горловинах балонів. Виходячи із цього, у роботі сформульовані мета і задачі досліджень, які наведені вище.

У другому розділі наведена розроблена математична модель визначення похибок при механічній обробці отвору з початковою значною некруглістю і теоретично обґрунтовані умови їхнього зменшення. Для цього аналітично описана

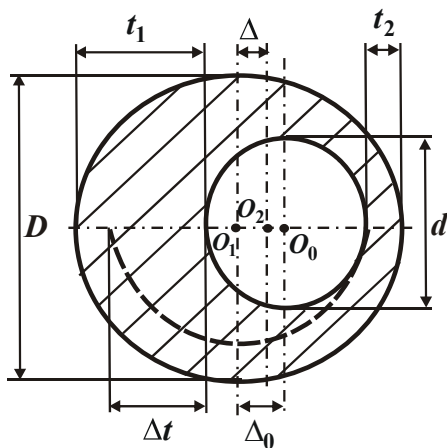


Рис. 2. Розрахункова схема величини зміщення осі обробленого отвору відносно її номінального положення Δ .

величина зміщення осі обробленого отвору відносно її номінального положення Δ (рис. 2), яка дорівнює величині пружного переміщення, що виникає в технологічній системі внаслідок порушення умови рівноваги радіальних складових сил різання, що діють на різучі леза осьового багатолезового інструменту (наприклад, свердла при розсвердлюванні отвору):

$$\Delta = \frac{\Delta P_y}{c} = \frac{\sigma \cdot S \cdot \Delta t \cdot \cos \varphi}{K_{рез} \cdot c} = \frac{2\sigma \cdot S \cdot \Delta_0 \cdot \cos \varphi}{K_{рез} \cdot c}, \quad (1)$$

де ΔP_y – найбільша різниця радіальних складових сил різання, що діють на обидва леза свердла, Н; c – жорсткість технологічної системи в радіальному напрямку, Н/м; $K_{рез} = P_z / P_0$ – кое-

фіцієнт різання; $P_0 = \sqrt{P_y^2 + P_x^2}$; P_z, P_y, P_x – тан-

генціальна, радіальна і осьова складові сили різання, Н; $\sigma = P_z / S_{срез}$ – умовна напруга різання, Н/м²; $S_{срез}$ – площа поперечного перерізу зрізу, м²; S – подача, м/об; $\Delta t = t_1 - t_2 = 2 \cdot \Delta_0$ – найбільша різниця глибин різання, які припадають на обидва леза свердла, м; Δ_0 – величина відхилення між осями отвору балона і свердла, м; 2φ – подвійний кут у плані свердла.

При цьому теоретично встановлено, що виникаюча при розсвердлюванні похибка форми оброблюваного отвору визначається величиною Δt і її проекціями Δt_y і Δt_x на координатні осі, які в загальному виді описуються залежностями:

$$\Delta t = 2 \cdot \Delta_0 \cdot \cos \alpha; \quad \Delta t_y = \Delta_0 \cdot \sin 2\alpha; \quad \Delta t_x = 2 \cdot \Delta_0 \cdot \cos^2 \alpha, \quad (2)$$

де α – кут, що визначає поточне положення лез свердла ($0 \dots 360^\circ$).

Очевидно, найбільші значення величин $\Delta t_y = \Delta_0$ (при $\alpha = 45^\circ$) і $\Delta t_x = 2 \cdot \Delta_0$ (при $\alpha = 0$) відрізняються у два рази, а найменше значення Δt_y (при $\alpha = 90^\circ$) дорівнює нулю, тобто найменший діаметр обробленого отвору дорівнює діаметру свердла. Цим показано, що найбільше і найменше значення діаметрів обробленого отвору будуть різні. Із залежності (2) також витікає, що найбільше значення Δt досягається при умові $\alpha = 0$ і дорівнює $2 \cdot \Delta_0$. На основі даної умови визначена залежність (1), яка у явному вигляді не містить складові сили різання. Замість них у залежність входять параметри силової напруженості процесу різання σ і $K_{рез}$, які виражаються через параметри обробки. Це дозволяє по-новому підійти до виявлення і обґрунтування умов зменшення величини Δ , і відповідно до вибору прогресивної схеми базування заготовки балона, оптимального маршруту обробки і параметрів технологічних переходів. Заслуговує на увагу той факт, що величини Δ і Δt не залежать від діаметрів оброблюваного d і обробленого D отворів, а в узагальненому виді визначаються Δ_0 .

Виходячи із залежності (1), основними умовами зменшення похибки обробки Δ є зменшення параметрів $\sigma / K_{рез}$, Δ_0 і збільшення φ , c , рис. 3. Очевидно, зменшення величини Δ за рахунок зменшення подачі S не зовсім ефективно, тому що вимагає зниження продуктивності обробки. Для оцінки значимості кожного із зазначених вище умов і можливостей практичної реалізації в роботі проведений їхній детальний аналіз. На першому етапі досліджувалося відношення $\sigma / K_{рез} = P_0 / S_{срез}$, що за аналогією з умовною (по суті, нормальною) напругою різання $\sigma = P_z / S_{срез}$ визначає умовне дотичне напруження різання. Для цього отримані аналітичні залежності для визначення параметрів σ , $K_{рез}$ і $\sigma / K_{рез}$ при свердлінні, тобто при зміні поточного значення радіуса свердла R_i в межах $0 \dots R$:

$$\sigma = \sigma_{сж} \cdot \left(\frac{1}{K_{рез}} + 1 \right); \quad K_{рез} = \frac{\left(1 + f \cdot \frac{S}{2\pi \cdot R_i} \right)}{\left(f - \frac{S}{2\pi \cdot R_i} \right)}; \quad \frac{\sigma}{K_{рез}} = \frac{\sigma_{сж}}{K_{рез}} \cdot \left(\frac{1}{K_{рез}} + 1 \right), \quad (3)$$

де $\sigma_{сж}$ – межа міцності на стиск оброблюваного матеріалу, Н/м²; f – коефіцієнт тертя оброблюваного й інструментального матеріалів; R – радіус свердла, м.

Із залежностей (3) витікає, що зменшити відношення $\sigma / K_{рез}$ і відповідно величину Δ можна за рахунок збільшення коефіцієнта різання $K_{рез}$, що зменшу-

ється зі збільшенням поточного значення радіуса свердла R_i , рис. 4,а. Оскільки коефіцієнт різання $K_{рез}$ – позитивна величина, то, виходячи із залежностей (3), процес різання може здійснитися за умови $R_i > S / 2\pi \cdot f$. За умови $R_i \leq S / 2\pi \cdot f$ має місце лише пружно-пластичне деформування оброблюваного металу без утворення стружки, що охоплює відносно невелику зону ($R_i < 1$ мм). Цим властиво і пояснюється необхідність створення на свердлах конусів і перемичок, які дозволяють перевести метал із зони пружно-пластичного деформування в зону різання, а потім видалити його.

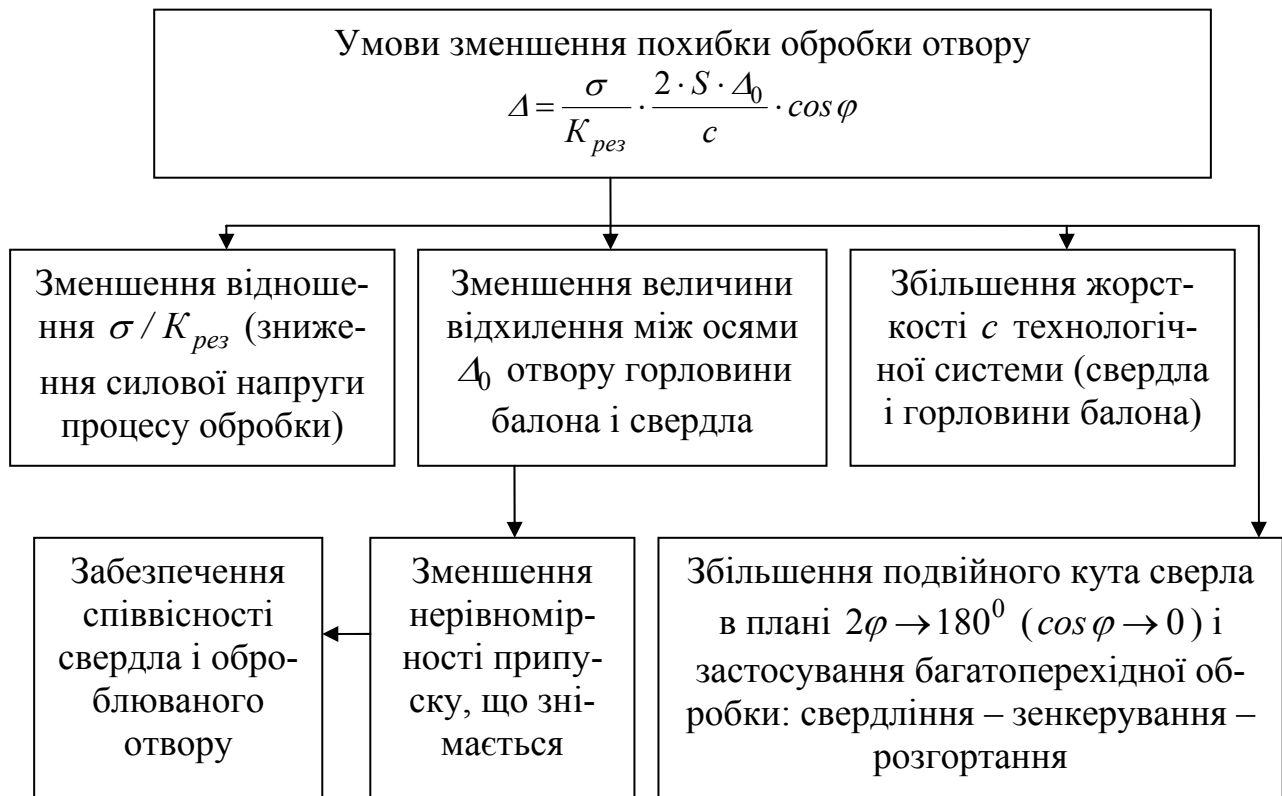


Рис. 3. Структурна схема умов зменшення похибки обробки отвору з початковою значною некруглістю.

Розрахунками встановлено, що зі збільшенням R_i у діапазоні $R_i > S / 2\pi \cdot f$ відношення $\sigma / K_{рез}$ не залишається постійним, а збільшується, рис. 4,б. Це пов'язано зі змінністю робочого переднього кута свердла уздовж його леза внаслідок різної довжини гвинтової лінії, утвореної точками леза. Причому, зі збільшенням R_i інтенсивність росту $\sigma / K_{рез}$ істотно зменшується. Отже, при розсвердлюванні отвору $\sigma / K_{рез}$ в першому наближенні можна розглядати постійним, що не залежить від R_i , а визначається залежністю (3) за умови $R_i = R$. Зменшити $\sigma / K_{рез}$, виходячи із залежності (3), можна збільшенням $K_{рез}$ шляхом збільшення подачі S і зменшення коефіцієнта тертя f . Цим показано, що S неоднозначно впливає на величину y , яка визначається залежністю (1). Разом з тим, розрахунками встановлено, що в остаточному підсумку зі збільшенням подачі S величина

Δ збільшується, однак з інтенсивністю нижче лінійної залежності. Таким чином, обґрунтовані можливості зменшення величини Δ за рахунок зменшення $\sigma / K_{рез}$.

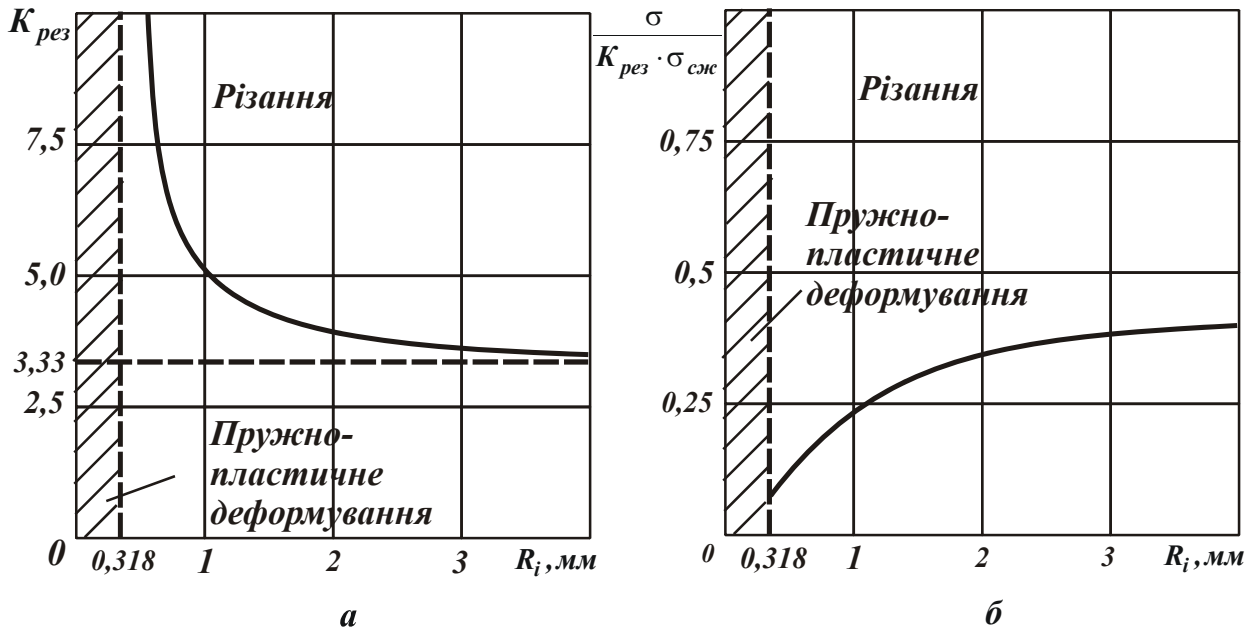


Рис. 4. Залежності $K_{рез}$ (а) і $\sigma / K_{рез} \cdot \sigma_{сж}$ (б) від R_i ($f = 0,3$; $S = 0,6$ мм/об).

У роботі отримані залежності для визначення тангенціальної P_z , радіальної P_y і осьової P_x складових сили різання при розсвердлюванні, розглядаючи $\sigma / K_{рез}$ незалежним від R_i , що визначається залежністю (3) за умови $R_i = R$:

$$P_z = \sigma \cdot S \cdot t; \quad P_y = \frac{\sigma}{K_{рез}} \cdot S \cdot t \cdot \cos \varphi; \quad P_x = \frac{\sigma}{K_{рез}} \cdot S \cdot t \cdot \sin \varphi. \quad (4)$$

Отримані також аналітичні залежності для визначення радіальної P_y і осьової P_x складових сили різання при свердлінні і їх рівнодіючої $P_0 = \sqrt{P_y^2 + P_x^2}$ з урахуванням змінності відношення $\sigma / K_{рез}$ від R_i :

$$P_y = P_0 \cdot \cos \varphi; \quad P_x = P_0 \cdot \sin \varphi;$$

$$P_0 = 0,5 \sigma_{сж} \cdot S \left\{ R \cdot f(1+f) - \frac{S \cdot \sin \varphi}{2\pi} \cdot (1+f^2) \cdot (1+2f) \ln \left(1 + \frac{2\pi R}{f \cdot S \cdot \sin \varphi} \right) + \left(\frac{S}{2\pi} \right)^2 (1+f^2)^2 \sin \varphi \cdot \left[\frac{2\pi}{f \cdot S} - \frac{1}{\left(\frac{R}{\sin \varphi} + \frac{f \cdot S}{2\pi} \right)} \right] \right\}. \quad (5)$$

Як видно, складові сили різання тим менше, чим менше параметри $\sigma_{сж}$, S , f і R . Збільшення кута φ приводить до зменшення P_y і збільшення P_x . Це погодиться з відомими експериментальними даними і свідчить про можливість зменшення величини Δ за рахунок регулювання напрямком дії сили різання при свердлінні. Новим у даному розрахунку є те, що враховано змінність переднього

кута γ уздовж леза свердла й відповідно змінність силової напруженості процесу різання, яка описується параметрами σ і $K_{рез}$. Далі в роботі обґрунтовані можливості зменшення величини Δ відповідно до залежності (1) за рахунок збільшення жорсткості технологічної системи c і величини Δ_0 . Для цього отримана аналітична залежність для визначення $c = 1 / (1/c_1 + 1/c_2)$, де c_1, c_2 – жорсткості свердла і оброблюваного балона в радіальному напрямку, Н/м. Як видно, c однаковою мірою залежить від параметрів c_1 і c_2 . Із урахуванням специфіки кріплення свердла і оброблюваного балона, збільшити c можна за умови $c_2 > c_1$. Це досягається застосуванням ефективною схеми базування заготовки балона, що забезпечує як збільшення c , так і зменшення величини Δ_0 . У цьому випадку c буде визначатися головним чином жорсткістю свердла $c_1 = 0,033 \cdot E \cdot D^4 / l^3$, де D, l – діаметр і довжина виступаючої частини свердла, м; E – модуль пружності матеріалу свердла, Н/м². Як видно, за рахунок зміни параметрів D, l (які входять у залежність із великими ступенями) можна істотно збільшити жорсткість c_1 , зменшити прогин свердла й тим самим підвищити точність обробки отвору.

В роботі обґрунтована ефективність застосування схеми базування балона по крайці торця його горловини (утвореної перетинанням зовнішньої циліндричної і торцевої поверхонь горловини балона). Показано, що вона дозволяє збільшити жорсткість кріплення балона, фактично вилучити похибки базування і пружні переміщення горловини балона в радіальному напрямку. Для її здійснення необхідно забезпечити перпендикулярність зовнішньої циліндричної і торцевої поверхонь горловини балона шляхом сполучення їхньої обробки. Необхідно та-

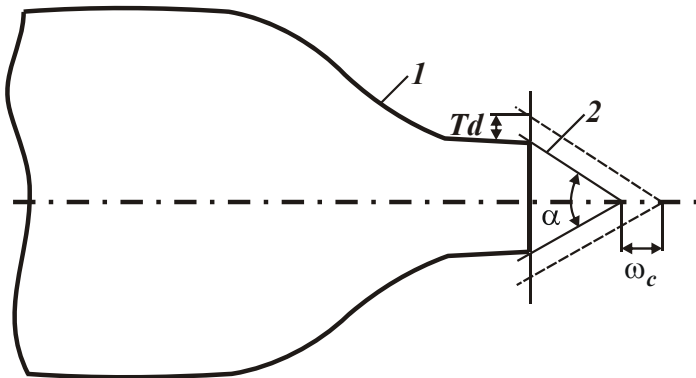


Рис. 5. Розрахункова схема відхилення ω_c торця горловини балона: 1 – горловина балона; 2 – базуючий конус.

кож сполучити обробку зовнішньої і внутрішньої циліндричних поверхонь горловини балона з метою забезпечення їхньої концентричності. Для цього доцільно застосування спеціальної інструментальної головки, що містить свердло, прохідний і підрізний різці.

При даній схемі базування буде виникати відхилення ω_c торця горловини балона в осьовому напрямку (рис. 5), що приведе до розкиду діаметрів отворів на переходах обробки конічним зенкером і конічною роз-

горткою. Усунути виникаюче відхилення можна застосуванням системи автоматизованого підналагодження зупинки робочого ходу інструментальної головки. Установлено, що $\omega_c = Td / 2tg(\alpha / 2)$, де Td – допуск на зовнішній діаметр, м; α – кут базуючого конуса. Тому забезпечити задане значення Td можна зменшенням величини пружного переміщення y , що виникає в технологічній системі при по-
здовжньому точінні циліндричної поверхні горловини балона, згідно залежності:

$$y = \frac{t}{\left(1 + \frac{c \cdot K_{рез}}{\sigma_{сж} \cdot S}\right)}, \quad (6)$$

де t – глибина різання, м; S – поздовжня подача, м/об; c – жорсткість технологічної системи, Н/м; $K_{рез} = ctg(\psi - \gamma)$; ψ – умовний кут тертя оброблюваного матеріалу з передньою поверхнею різця ($tg \psi = f$ – коефіцієнт тертя інструментального і оброблюваного матеріалів); γ – позитивний передній кут різця.

Це досягається збільшенням жорсткості технологічної системи c шляхом застосування спеціальної конструкції кондуктора і збільшенням коефіцієнта різання $K_{рез}$ при поздовжньому точінні (головним чином за рахунок збільшення переднього кута різця γ до значення умовного кута тертя ψ оброблюваного металу з передньою поверхнею різця), а також зниженням нерівномірності припуску, що знімається, (глибини різання t) і зменшенням подачі S .

У третьому розділі виконано структурно-параметричний аналіз і синтез технологічного процесу механічної обробки різьбового отвору в горловині балона, що дозволило остаточно вибрати оптимальний маршрут і параметри обробки, прогресивну схему базування заготовки балона. Для цього зроблена оцінка впливу нерівномірності припуску, тобто величини Δ_0 у відповідності до залежності (1), на параметри точності обробки отворів із застосуванням методу математичної статистики. У зв'язку із цим, за допомогою спеціально розроблених контрольних пристосувань для виміру радіального биття циліндричної і сферичної частини горловини $\varnothing 70$ мм щодо циліндричної частини балона були визначені відхилення осі горловини від осі циліндричної частини балона і відхилення осі циліндричної частини балона від осі шпинделя інструментальної головки, тобто величини Δ_0 . У результаті встановлено, що відхилення осі горловини від осі циліндричної частини балона, яке визначає точність заготовки балона, складає 0,2...1,0 мм. Це значно менше, ніж відхилення осі циліндричної частини балона від осі шпинделя інструментальної головки, яке складає 0,8...2,2 мм. Отже, основною причиною появи нерівномірного припуску і відповідно утворення некруглості отвору при розсвердлюванні є неспіввісність циліндричної частини балона і шпинделя інструментальної головки, усунути яку можна застосуванням більш прогресивної схеми базування заготовки балона, наприклад, описаної в другому розділі роботи.

Були виконані виміри найменшого D_{0min} і найбільшого D_{0max} діаметрів отворів і їх різниці ΔD після розсвердлювання свердлом $\varnothing 22$ мм зі сталі Р6М5 в 50-ти балонах по базовому технологічному процесу ($S=0,28$ мм/об; $V=22$ м/хв). Встановлено, що діапазони розкиду значень D_{0min} і D_{0max} відрізняються, рис. 6. При цьому, значення D_{0min} концентруються в основному в інтервалі 21,9...22,1 мм, що відповідає діаметру свердла. Це погодиться з теоретичними результатами, які впливають із залежностей (2), і свідчить про те, що після розсвердлювання мають місце значні похибки розміру і форми оброблених отворів.

Були також виконані виміри величини відхилення від співвісності горловини балона (діаметром 48 мм) і отвору в ньому (діаметром 22 мм) після розсверд-

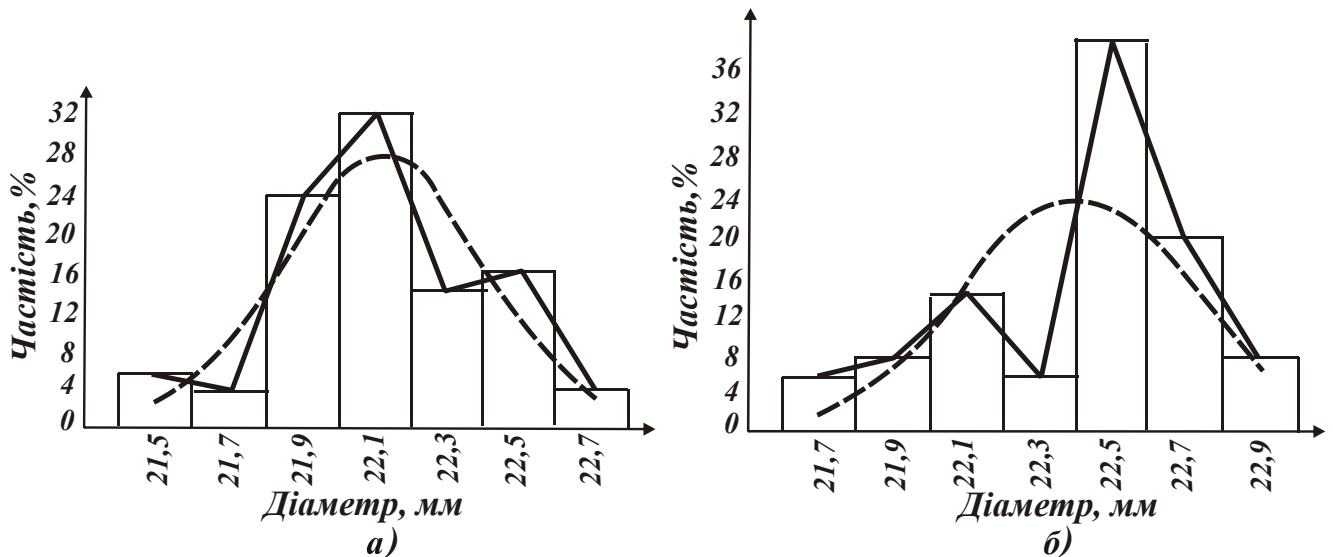


Рис. 6. Гістограми та криві розподілу найменшого D_{0min} (а) і найбільшого D_{0max} (б) діаметрів отворів після розсвердлювання.

лювання і зенкерування конічним зенкером АМ 14977-500 зі сталі Р6М5 $\varnothing 22/25$ мм із конусністю $2tg\varphi/2=3:25$, $\varphi=6^{\circ}51'36''$; $S=0,7$ мм/об; $V=12$ м/хв, рис. 7. Установлено, що діапазон розкиду значень даної величини після розсвердлювання приблизно такий же як і різниці найбільшого діаметра D_{0max} обробленого отвору і діаметра свердла. В обох випадках значення зазначених величин концентруються в основному в діапазоні 0,2...0,7 мм. Отже, у першому наближенні величину відхилення від співвісності горловини балона і отвору в ньому після розсвердлювання можна розглядати рівною різниці найбільшого діаметра D_{0max} обробленого отвору і діаметра свердла, що обумовлено виникаючим в технологічній системі пружним переміщенням величиною Δ . Це погодиться з отриманими теоретичними результатами і свідчить про вірогідність розробленої математичної моделі формування похибок отвору при механічній обробці.

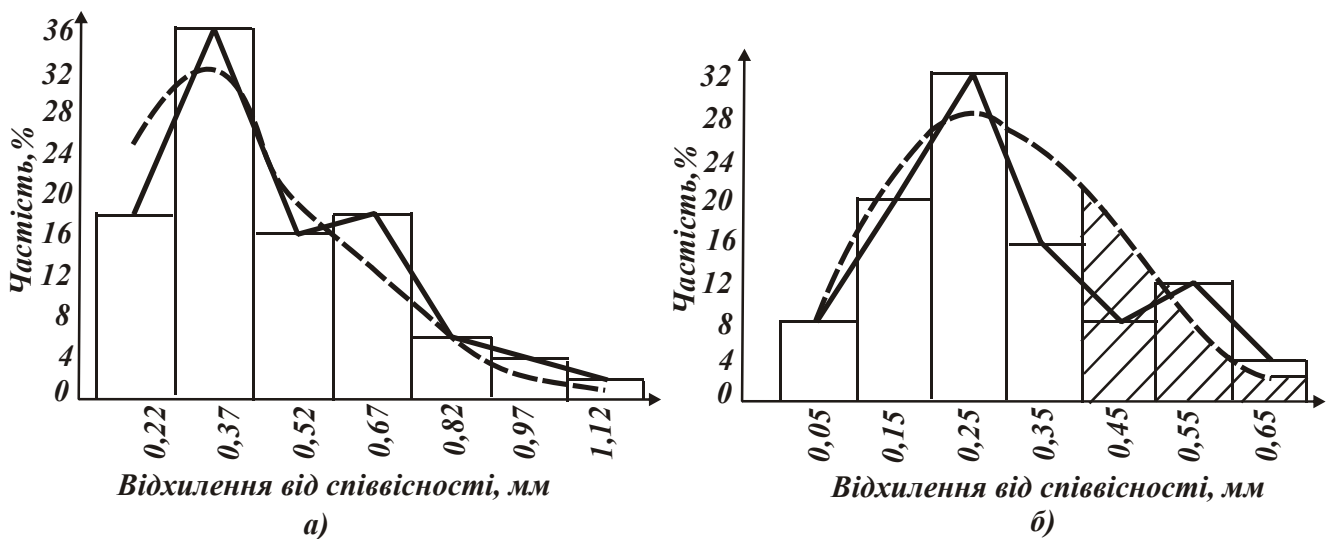


Рис. 7. Гістограми та криві розподілу величин відхилень (в мм) від співвісності горловини балона і отвору в ньому після розсвердлювання (а) і зенкерування (б).

З рис. 7 випливає, що після розсвердлювання утворюється отвір зі значною некруглістю, яку складно усунути на наступному технологічному переході зенкерування. При цьому встановлено, що необхідна якість нарізування конічного різьблення досягається при відхиленні осі горловини балона від осі отвору (після зенкерування) не більше ніж на 0,4 мм. При порушенні цієї умови частина оброблених балонів буде забракована по одному з параметрів конічного різьблення.

На рис. 7,б заштрихованим показаний відсоток браку балонів, що дорівнює 15%. Тому для зниження відсотка браку балонів по якості нарізування конічного різьблення варто зменшити відхилення осі горловини балона від осі отвору при розсвердлюванні не менш чим на 0,4 мм, а при зенкеруванні не менш, ніж на 0,3 мм, що забезпечується застосуванням більш ефективної схеми базування балона.

Експериментальні дані по точності обробки отворів добре погодяться з відповідними експериментальними даними по якості нарізування конічного різьблення ($S=1,814$ мм/об; $V=8,5$ м/хв). Так, в 1670 оброблених балонів по базовому технологічному процесу виявлено 15,5% балонів з неякісно нарізаним різьбленням, що відповідає заштрихованій частині на рис. 7,б. Визначено основні види дефектів різьблення в кількісному вираженні: “рване різьблення” (4,31%), ослаблене (2,84%) і туге (2,75%) різьблення, неповний профіль різьблення (2,27%), поломка мітчика (3,35%). Показано, що однією з причин появи дефектів різьблення, поряд з нерівномірністю припуску, що знімається, є значний розкид діаметрів отворів на переходах зенкерування та нарізування різьби мітчиком, який обумовлений розкидом координати положення основної площини конічного отвору в осьовому напрямку. У зв'язку із цим, для визначення умов якісного конічного різьблення, в роботі теоретично визначена довжина ходу мітчика в напрямку подачі. Аналітично встановлений зв'язок координати положення основної площини конічного отвору в осьовому напрямку з кількістю витків конічного різьблення. Теоретично показано, що забезпечення заданої точності положення основної площини конічного отвору в осьовому напрямку в межах $\pm 0,15$ мм дозволяє нарізати 9–10 витків різьблення і виконати вимоги по якості виготовлення.

На основі проведених теоретичних і експериментальних досліджень розроблено ефективний технологічний процес механічної обробки різьбового отвору в горловині балона (рис. 8), що реалізує оптимальний маршрут обробки із застосуванням нових технічних рішень: прогресивної схеми базування – по крайці торця горловини балона за допомогою базуючого конуса; розробленої конструкції спеціальної інструментальної головки, що містить свердло, прохідний і підрізний різці та забезпечує концентрацію переходів і створення чистової технологічної бази; розробленої системи автоматизованого підналагодження зупинки робочого ходу інструментальної головки і спеціального пристосування для її точного встановлення. Для підвищення жорсткості технологічної системи й точності обробки, а також зниження навантаження на напрямні силового стола розроблена конструкція кондуктора, що сприймає реакції сил різання. Робота інструментальної головки з використанням кондуктора дозволила зменшити вібрації і відхилення осі шпинделя щодо осі оброблюваного отвору.

Розроблений оптимальний маршрут обробки включає п'ять переходів: на першому переході виконується одночасна обробка поверхонь, що забезпечують

базування горловини балона, на другому, третьому й четвертому переходах – розсвердлювання, зенкерування і розгортання отвору, на п'ятому – нарізування в отворі конічного різьблення. У відповідності із залежністю (1), розроблений технологічний процес забезпечує підвищення точності оброблюваного отвору за рахунок збільшення жорсткості технологічної системи c і зменшення величини відхилення між осями Δ_0 оброблюваного і обробленого отворів, тобто зменшення неспіввісності горловини балона і шпинделя інструментальної головки.

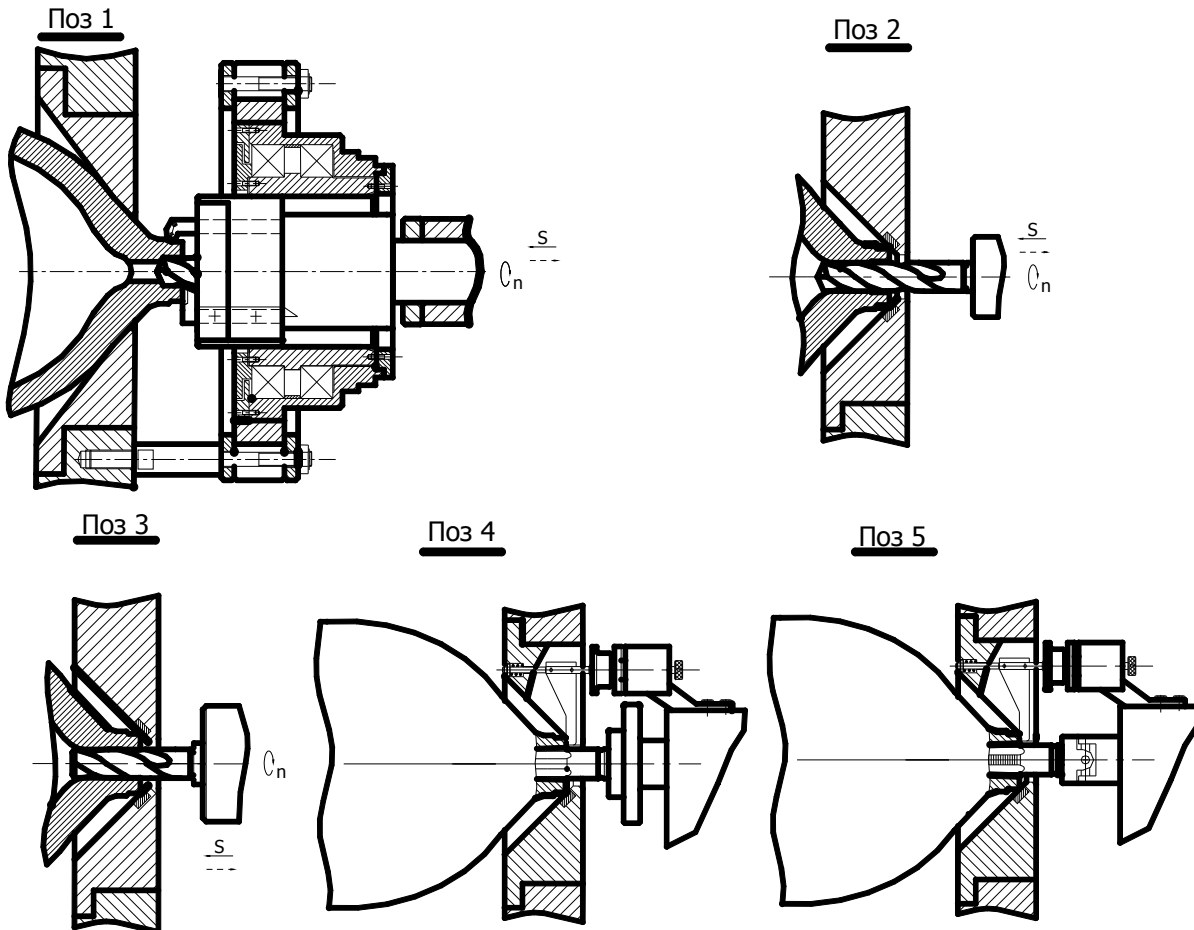


Рис. 8. Розроблений технологічний процес механічної обробки різьбового отвору в горловині балона.

У роботі зроблений розрахунок припусків і оптимальних параметрів режимів різання для кожного переходу, що дозволило мінімізувати час обробки для заданої стійкості різальних інструментів. Розраховано параметри верстатного пристосування, що забезпечує стійкість заготовки в процесі обробки (діаметр пневматичного циліндра).

Проведено комплекс експериментальних досліджень параметрів точності отворів, оброблених на переходах розсвердлювання і зенкерування по розробленому технологічному процесі (рис. 9). Установлено, що розкид значень параметрів точності при обробці по розробленому технологічному процесі значно менше,

ніж при обробці по базовому технологічному процесі (рис. 7). Це свідчить про вірогідність розробленої в роботі математичної моделі визначення похибок при обробці отвору і ефективність запропонованого технологічного процесу обробки.

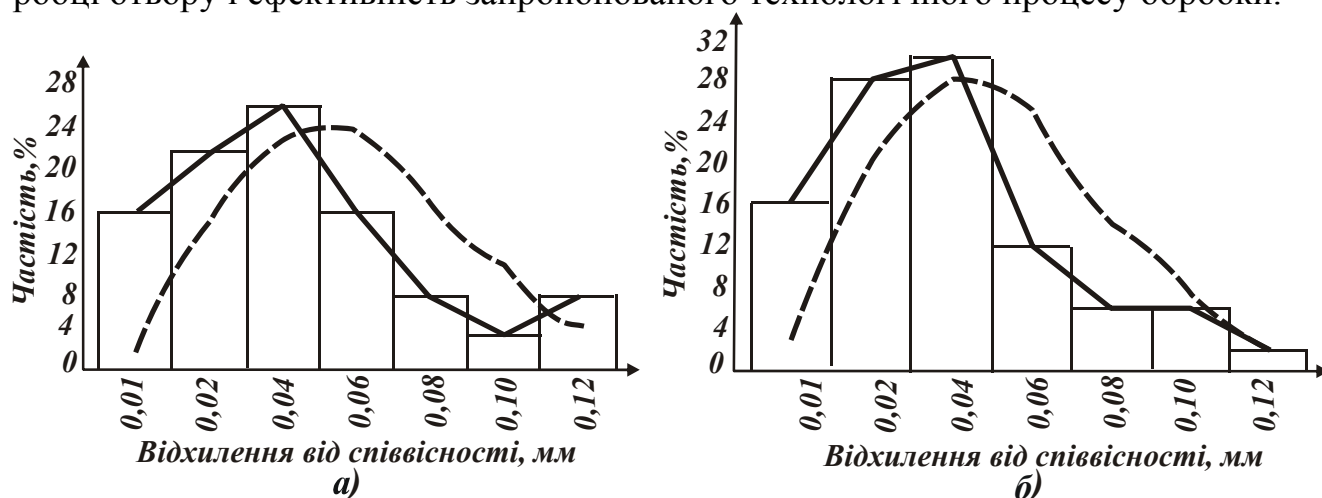


Рис. 9. Гістограми та криві розподілу величин відхилень від співвісності горловини балона (діаметром 48 мм) і отвору в ньому (діаметром 22 мм) після розсвердлювання (а) і зенкерування (б).

Таблиця 1

Результати контролю різьблення W 27.8 ДСТ 9909-81 у балонах, оброблених по базовому і розробленому технологічних процесах

Варіанти технологічного процесу	Усього оброблено балонів, шт	Усього забраковано балонів, шт/%	У тому числі по видах дефектів, шт/%				
			рване різьблення	ослаблене різьблення	туге різьблення	неповний профіль різьблення	поломка мітчика
Базовий	1670	260/15,5	72/4,31	48/2,84	46/2,75	38/2,27	56/3,35
Новий	1670	22/1,31	6/0,35	4/0,24	4/0,24	3/0,18	5/0,3

Виконано експериментальну оцінку якості нарізаного конічного різьблення в отворах партії балонів по розробленому технологічному процесу обробки. Встановлено, що з 1670 оброблених балонів лише в 22 балонах (а це 1,31% загальної кількості балонів) було нарізано неякісне конічне різьблення, табл. 1. Відповідно до базового технологічного процесу, з 1670 оброблених балонів неякісно нарізане різьблення виявилось в 260 балонах (15,5%). Отже, застосування нового технологічного процесу дозволило в 11,83 рази зменшити втрати від браку по різьбленню й привести їх до економічно прийнятної для виробництва рівня – 1,31%. При цьому час обробки одного балона на автоматичній лінії залишився таким же як і в базовому технологічному процесі.

У четвертому розділі наведені результати створення промислової технології механічної обробки різьбових отворів у горловинах балонів в умовах масового виробництва у балонному цеху ВАТ “Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча”. Показано, що вона реалізується на тій же обладнанні, що й базова те-

хнологія після внесення відповідних конструкторських і технологічних змін. Дано загальну технічну характеристику розробленої технології і показані переваги її застосування, що складаються в підвищенні точності обробки отворів і якості нарізаного в них конічного різьблення без збільшення часу обробки балона. Зроблено оцінку економічної ефективності від її впровадження у виробництво. Відзначається, що вона визначається двома складовими: економічною ефективністю від зменшення кількості бракованих балонів і поламаних мітчиків і в сумі дорівнює 360688 гривень на рік.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі на основі отриманих нових науково обґрунтованих результатів вирішене важливе і актуальне науково-практичне завдання розробки ефективного технологічного процесу механічної обробки різьбових отворів у балонах в умовах масового виробництва, що забезпечує підвищення точності і продуктивності обробки, істотно знижує втрати від браку, які мали місце у зв'язку з низькою якістю нарізування конічного різьблення в отворах.

1. Розроблено математичну модель визначення похибок при механічній обробці отвору, яка заснована на урахуванні нерівномірності припуску, що знімається, а також виникаючих у технологічній системі пружних переміщень і аналітичному описі сили різання. Встановлено, що в узагальненому виді похибки обробки отвору можуть бути аналітично описані величиною зміщення осі обробленого отвору відносно її номінального положення. У зв'язку із цим, отримана аналітична залежність для визначення даної величини й теоретично встановлені умови її зменшення. Вони полягають в зменшенні умовного дотичного напруження різання, збільшенні жорсткості технологічної системи і кута свердла в плані, зменшенні неспіввісності оброблюваного отвору і різального інструменту і застосуванні обробки в декілька переходів.

2. Аналітично описана виникаюча при розсвердлюванні похибка форми отвору, що обумовлена різницею глибин різання, які припадають на обидва леза свердла. Теоретично встановлено, що похибки обробки отвору по двох взаємно перпендикулярних осях відрізняються і визначаються головним чином величиною відхилення між осями оброблюваного отвору горловини балона і свердла. Цим показано, що при розсвердлюванні отвору із припуском, що знімається нерівномірно, мають місце значні похибки розміру і форми обробленого отвору, усунути які можна на наступних переходах фінішної обробки.

3. Аналітично описані основні параметри силової напруженості процесу різання при свердлінні і розсвердлюванні (умовна напруга різання, коефіцієнт різання, складові сили різання) з урахуванням змінності робочого переднього кута свердла уздовж його леза внаслідок різної довжини гвинтової лінії, утвореної точками леза. Це дозволило, по-перше, визначити довжини ділянок леза, що реалізують процес різання і процес пружно-пластичного деформування оброблюваного металу без утворення стружки. По-друге, привести у відповідність теоретичні та експериментальні дані по параметрах силової напруженості процесів свердління і розсвердлювання. По-третє, визначити умови зменшення умовного дотично-

го напруження різання і відповідно похибок обробки отвору, які полягають у збільшенні коефіцієнта різання, рівного відношенню тангенціальної складової сили різання до рівнодіючої нормальної і осьової складових сили різання.

4. Аналітично визначена жорсткість технологічної системи в радіальному напрямку і показано, що вона однаковою мірою залежить від жорсткостей свердла і горловини оброблюваного балона в радіальному напрямку. Із цього зроблений висновок про те, що домогтися збільшення жорсткості технологічної системи можна за умови значного перевищення жорсткості горловини оброблюваного балона над жорсткістю свердла. Це досягається застосуванням ефективної схеми базування заготовки балона. Жорсткість технологічної системи в цьому випадку буде визначатися жорсткістю свердла, яка залежить від його довжини і діаметра.

5. Теоретично обґрунтована ефективність застосування схеми базування заготовки балона по крайці, утвореної перетинанням зовнішньої циліндричної і торцевої поверхонь горловини балона. Вона підвищує жорсткість горловини балону, фактично виключає похибки базування в радіальному напрямку, а виникаюче відхилення торця балона в осьовому напрямку дозволяє досить просто усунути застосуванням системи автоматизованого підналагодження зупинки робочого ходу інструментальної головки. Показано, що для здійснення даної схеми базування необхідно забезпечити перпендикулярність зовнішньої циліндричної і торцевої поверхонь, а також концентричність зовнішньої і внутрішньої циліндричних поверхонь горловини балона шляхом сполучення їхньої обробки. Це досягається застосуванням спеціальної інструментальної головки, що містить свердло, прохідний і підрізний різці.

6. На основі структурно-параметричного аналізу і синтезу розроблено ефективний технологічний процес механічної обробки різбового отвору в горловині балона, що реалізує оптимальний маршрут обробки із застосуванням нових технічних рішень: прогресивної схеми базування – по крайці торця горловини балона за допомогою базуючого конуса, який забезпечує матеріалізацію осі балона; розробленої конструкції спеціальної інструментальної головки, що забезпечує концентрацію переходів і створення чистової технологічної бази; розробленої системи автоматизованого підналагодження зупинки робочого ходу інструментальної головки і спеціального пристосування для її точного встановлення, кондуктора для підвищення жорсткості технологічної системи.

7. Проведено комплекс експериментальних досліджень похибок базування балонів та оброблених в них отворів. Встановлено, що відхилення осі циліндричної частини балона від осі шпинделя інструментальної головки в базовому технологічному процесі досягає значної величини 0,8...2,2 мм, що є основною причиною появи нерівномірного припуску. Доведено, що величина відхилення від співвісності горловини балона і отвору в ньому після розсвердлювання і різниця найбільшого діаметра обробленого отвору і діаметра свердла фактично рівні. Це погодиться з теоретичними результатами і свідчить про вірогідність розробленої математичної моделі формування похибок отвору при механічній обробці, яка враховує нерівномірність припуску, що знімається, і пружні переміщення в технологічній системі. Встановлено, що застосування розробленого технологічного процесу дозволяє значно зменшити розкид значень параметрів точності обробки.

8. Встановлено зв'язок між відсотком браку балонів по якості нарізування конічного різьблення і відхиленням осі горловини балона від осі отвору при розсвердлюванні та зенкеруванні, що є основою визначення оптимальних умов обробки. Зроблено експериментальну оцінку якості нарізаного конічного різьблення в отворах партії балонів по розробленому технологічному процесу обробки. Встановлено, що лише в 1,31% оброблених балонів було нарізано неякісне конічне різьблення, тоді як при обробці по базовому технологічному процесу виявлено 15,5% балонів з неякісно нарізаним різьбленням. Отже, застосування розробленого технологічного процесу дозволило істотно зменшити втрати від браку по різьбленню і привести їх до економічно прийнятної для виробництва рівня.

9. Теоретично визначена довжина ходу мітчика в напрямку подачі, що забезпечує формування якісного конічного різьблення. Аналітично встановлений зв'язок координати положення основної площини конічного отвору в осьовому напрямку з кількістю витків конічного різьблення. Теоретично показано, що забезпечення заданої точності положення основної площини конічного отвору в осьовому напрямку в межах $\pm 0,15$ мм дозволяє нарізати 9–10 витків різьблення й тим самим виконати вимоги по якості його виготовлення.

10. Зроблено розрахунок припусків і оптимальних параметрів режимів різання для кожного переходу, що дозволило мінімізувати час обробки для заданої стійкості різальних інструментів. Зроблено також розрахунок параметрів верстатного пристосування, що забезпечує стійкість балона в процесі обробки.

11. Розроблений технологічний процес механічної обробки різьбових отворів у горловинах балонів впроваджений в ВАТ “Маріупольський металургійний комбінат ім. Ілліча” з економічним ефектом 360688 гривень на рік. Забезпечено підвищення точності обробки отворів і якості нарізаного в них конічного різьблення без збільшення часу обробки балона, істотно знижені втрати від браку балонів по різьбленню й витрата різальних інструментів.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Иванов И.Е. Повышение точности изготовления ответственных поверхностей деталей гидрогазовой аппаратуры // Захист металургійних машин від поломок. – Збірник наукових праць. – Маріуполь: ПДТУ, 2005. – Вип. 8. – С. 184-190.

2. Иванов И.Е. Расчет погрешности формообразования при механической обработке // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. – Х.: ХНТУСГ, 2005. – Вип. 33. – С. 143-148.

3. Иванов И.Е. Исследование процесса нарезания внутренней резьбы в баллонах // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – Х.: ХНТУСГ, 2006. – Вип. 42. – С. 209-214.

4. Новиков Ф.В., Иванов И.Е. Повышение эффективности механической обработки высокоточного резьбового отверстия в горловине газового баллона // Резание и инструмент в технологических системах: Междунар. науч.-техн. сб. – Х.: НТУ “ХПИ”, 2006. – Вып. 70. – С. 350-355.

5. Новиков Ф.В., Иванов И.Е. Разработка математической модели формирования погрешностей при механической обработке отверстия // Високі технології в

машинобудуванні: Збірник наукових праць Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Х.: НТУ "ХПІ", 2006. – Вип. 2 (13). – С. 87-94.

6. Новиков Ф.В., Яценко Е.С., Ковальчук А.Н., Иванов И.Е. Математическая модель определения экономически выгодных режимов резания // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". – Х.: НТУ "ХПІ". – 2006. – № 41. – С. 33-36.

7. Иванов И.Е. Повышение качества нарезания конической резьбы в отверстиях горловин баллонов в условиях массового производства // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка. – Х.: ХНТУСГ, 2007. – Вип. 61. – С. 185-191.

8. Иванов И.Е. Оптимизация технологического процесса изготовления баллонов // Тезисы докладов XI региональной научн.-техн. конф. Приазовского государственного технического университета. – Мариуполь: ПГТУ, 2004. – С. 149.

9. Иванов И.Е., Новиков Ф.В. Влияние методов формообразования на точность механообработки // Труды 11-й Межд. научн.-техн. конф. – Физические и компьютерные технологии. – Х.: ХНПК "ФЭД", 2005. – С. 108-113.

10.Новиков Ф.В., Иванов И.Е. Технологическое обеспечение точности и стабильности изготовления внутренних герметических резьб в горловинах газовых баллонов в условиях крупносерийного и массового производства // Труды 12-й Межд. научн.-техн. конф. – Физические и компьютерные технологии. – Х.: ХНПК "ФЭД", 2006. – С. 3-9.

11.Новиков Ф.В., Иванов И.Е. Аналитическое описание и исследование параметров силовой напряженности процесса сверления // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: Матеріали Міжн. наук.-практ. конф. – Х.: Вид-во "Курсор". – 2007. – С. 164-175.

12.Новиков Ф.В., Иванов И.Е. Экспериментальные исследования параметров точности механической обработки резьбового отверстия в горловине баллона в условиях массового производства. – Труды 13-й Межд. научн.-техн. конф. – Физические и компьютерные технологии. – Х.: ХНПК "ФЭД", 2007. – С. 20-30.

13.Новиков Ф.В., Иванов И.Е. Высокоточная обработка резьбового отверстия в горловине газового баллона // Современные инструментальные системы, информационные технологии и инновации. – Материалы IV Межд. научн.-техн. конф.: в 2 ч. Ч. 1: Курск. гос. техн. ун-т. – Курск, 2006. – С. 181-184.

Иванов И.Е. Технологическое обеспечение точности и стабильности изготовления резьбовых отверстий в баллонах в условиях массового производства. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.02.08 – технология машиностроения. – Приазовский государственный технический университет, Мариуполь, 2008.

Диссертация посвящена разработке эффективного технологического процесса изготовления резьбовых отверстий в горловинах баллонов в условиях массового

производства. В связи с этим разработана математическая модель определения погрешностей при механической обработке отверстия, основанная на учете неравномерности снимаемого припуска, возникающих в технологической системе упругих перемещений и аналитическом описании силы резания. Аналитически описана величина смещения оси обработанного отверстия относительно ее номинального положения и теоретически определены условия ее уменьшения. Они состоят в уменьшении условного касательного напряжения резания, увеличении жесткости технологической системы и угла сверла в плане, уменьшении несоосности обрабатываемого отверстия и режущего инструмента и применении многопереходной обработки. Аналитически описаны основные параметры силовой напряженности процесса резания при сверлении и рассверливании (условное напряжение резания, коэффициент резания, составляющие силы резания) с учетом переменности рабочего переднего угла сверла вдоль его лезвия вследствие различной длины винтовой линии, образованной точками лезвия. Это позволило определить длины участков лезвия, реализующие процесс резания и процесс упруго-пластического деформирования обрабатываемого металла без образования стружки; привести в соответствие теоретические и экспериментальные данные по параметрам силовой напряженности процессов сверления и рассверливания; определить условия уменьшения условного касательного напряжения резания и соответственно погрешностей обработки отверстия.

Теоретически определена жесткость технологической системы в радиальном направлении и условия ее увеличения, состоящие в увеличении жесткости сверла и обрабатываемого баллона.

На основе структурно-параметрического анализа и синтеза разработан эффективный технологический процесс механической обработки резьбового отверстия в горловине баллона, реализующий оптимальный маршрут обработки с применением новых технических решений: прогрессивной схемы базирования – по кромке торца горловины баллона с помощью базирующего конуса (обеспечивающего материализацию оси баллона); разработанной конструкции специальной инструментальной головки, обеспечивающей концентрацию переходов и создание чистой технологической базы; разработанной системы автоматизированной подналадки останова рабочего хода инструментальной головки и специального приспособления для юстировки инструментальных головок, кондуктора для повышения жесткости технологической системы.

Проведен комплекс экспериментальных исследований параметров точности обработанных отверстий после рассверливания и зенкерования методом математической статистики. Установлено, что применение разработанного технологического процесса позволяет существенно уменьшить разброс значений параметров точности без увеличения времени обработки баллона. Эффект достигается за счет увеличения жесткости технологической системы и уменьшения несоосности горловины баллона и шпинделя инструментальной головки. Установлено, что при обработке по разработанному технологическому процессу лишь у 1,31% обработанных баллонов была нарезана некачественная коническая резьба, тогда как при обработке по базовому технологическому процессу выявлено 15,5% баллонов с некачественно нарезанной резьбой.

Теоретически определена длина хода метчика в направлении подачи, обеспечивающая формирование качественной конической резьбы. Произведен расчет припусков и оптимальных параметров режимов резания для каждого перехода, что позволило минимизировать время обработки для заданной стойкости режущих инструментов. Произведен также расчет параметров станочного приспособления, обеспечивающего устойчивость баллона в процессе обработки.

Разработанный технологический процесс механической обработки резьбовых отверстий в горловинах баллонов внедрен в ОАО “Мариупольский металлургический комбинат им. Ильича”. Обеспечено повышение точности обработки отверстий и качества нарезанной в них конической резьбы без увеличения времени обработки баллона, существенно снижены потери от брака баллонов по резьбе и расход режущих инструментов.

Ключевые слова: технологический процесс, технологический переход, точность обработки, математическая модель.

Іванов І.Є. Технологічне забезпечення точності і стабільності виготовлення різьбових отворів у балонах в умовах масового виробництва. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.02.08 – технологія машинобудування. – Приазовський державний технічний університет, Маріуполь, 2008.

Дисертація присвячена розробці ефективного технологічного процесу виготовлення різьбових отворів у горловинах балонів в умовах масового виробництва. Для цього розроблена нова математична модель визначення похибок при механічній обробці отвору, яка враховує нерівномірність припуску, що знімається, і пружні переміщення в технологічній системі. Аналітично описані основні параметри силової напруженості процесу різання при свердлінні і розсвердлюванні (умовна напруга різання, коефіцієнт різання, складові сили різання), що дозволило теоретично обґрунтувати основні шляхи підвищення точності оброблюваного різьбового отвору в горловині балона.

На основі структурно-параметричного аналізу і синтезу розроблено ефективний технологічний процес механічної обробки різьбового отвору в горловині балона, в якому застосовуються нові технічні рішення: прогресивна схема базування – по крайці торця горловини балона за допомогою базуючого конуса; розроблена конструкція спеціальної інструментальної головки, що забезпечує концентрацію переходів і створення чистої технологічної бази; розроблена система автоматизованого підналагодження зупинки робочого ходу інструментальної головки і спеціальне пристосування для її точного встановлення, кондуктор для підвищення жорсткості технологічної системи. Проведено експериментальні дослідження точності оброблених отворів методом математичної статистики і показано, що розроблений технологічний процес забезпечує підвищення точності оброблюваного отвору без збільшення часу обробки балона. Установлено, що при обробці по розробленому технологічному процесу лише у 1,31% оброблених отво-

рів балонів було нарізано неякісне конічне різьблення, тоді як при обробці по базовому технологічному процесу виявлено 15,5% балонів з неякісно нарізаним різьбленням. Це дозволило значно зменшити втрати від браку по різьбленню, а розроблений технологічний процес ефективно впровадити у виробництво.

Ключові слова: технологічний процес, технологічний перехід, точність обробки, математична модель.

Ivanov I.E. Technological providing of exactness and stability of making of the screw-thread openings in bulbs in the conditions of mass production. – Manuscript.

Dissertation on competition of graduate degree of candidate of engineering sciences on speciality 05.02.08 – technology of mashinebuilding. – Priazovskiy state technical university, Mariupol, 2008.

Dissertation is devoted development of effective technological process of making of the screw-thread openings in the mouths of bulbs in the conditions of mass production. In this connection the mathematical model of determination of errors is developed at tooling of opening, taking into account the unevenness of taken off pripuska and resilient moving in the technological system. The basic parameters of power tension of cutting process are analytically described at boring and counterboring (conditional tension of cutting, a coefficient cuttings, making cutting forces), that allowed in theory to ground the basic terms of increase of exactness of the processed screw-thread openings in the mouths of bulbs.

On the basis of strukturno-parametricheskogo analysis and synthesis the effective technological process of tooling of the screw-thread openings is developed in the mouths of bulbs, based on application of new technical decisions: progressive chart of basing on the edge of butt end of mouth of bulb by a basing cone (providing materialization of ax of bulb); to the developed construction of the special instrumental head, providing the concentration of transitions and creation of clean technological base; developed system of the automated subadjusting of stop of working stroke of instrumental head and special adaptation for yustirovki of instrumental heads. Experimental researches of parameters of exactness of the treated openings are conducted by the method of mathematical statistics and it is rotined that the developed technological process is provided by the increase of exactness of the treated opening without the increase of time of treatment of bulb. It is set that at treatment on the developed technological process an off-grade conical screw-thread is cut only in 1,31% treated openings of bulbs, while at treatment on a base technological process found out 15,5% bulbs with the off-grade cut screw-thread. It allowed substantially to decrease losses from marriage on a screw-thread, and effectively to apply the developed technological process in industry

Keywords: technological process, technological transition, exactness of treatment, mathematical model.