

**Харківський авіаційний інститут
імені М.С. Жуковського**

УДК 629.7.002:621.96/98

На правах рукопису

Кирієнко Петро Григорович

**Дослідження, розробка та впровадження технології і обладнання
для безвідходного одержання заготовок деталей літальних
апаратів методом швидкісної розрізки в холодному стані**

**Спеціальність 05.07.04. — технологія
виробництва літальних апаратів**

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Петро Кирієнко

Харків — 1997



629.7

Роботу виконано на кафедрі та лабораторіях Харківського авіаційного інституту ім. М.Є. Жуковського.

Науковий керівник: доцент, кандидат технічних наук Федосенко І.Г.

Науковий консультант: професор, доктор технічних наук Кобрин В.М.

Офіційні опоненти: Гайдайчук В.Є. — Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки, доктор технічних наук, професор.

Чистяк В.Г. — кандидат технічних наук, доцент

Провідна організація: "Інститут проблем машинобудування НАНУ".

Захист відбудеться "27" червня 1997 р. о 14 год. 00 хв. на засіданні спеціалізованої ради Д02.27.06 у Харківському авіаційному інституті ім. М.Є. Жуковського за адресою 310070, м.Харків, вул.Чкалова 17.

Запрошуємо прийняти участь в обговоренні дисертації, або надіслати відгук на автореферат, засвідчений печаткою.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Харківського авіаційного інституту ім. М.Є. Жуковського.

Автореферат розісланий "___" _____ 1997 р.

Вчений секретар спеціалізованої ради Д02.27.06, кандидат технічних наук, професор

Г.Л. Корнілов.

Загальна характеристика роботи.

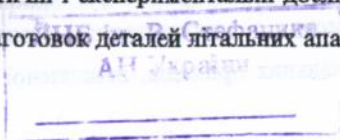
Актуальність проблеми. Сучасний розвиток науки і техніки перш за все визначається розробкою нових високоефективних ресурсозберігаючих технологій і обладнання.

Одним з напрямків економії металу є вдосконалення заготівельної бази машинобудування, використання маловідходних, особливо безвідходних технологічних процесів, до яких треба віднести і способи одержання точних заготовок із алюмінієвих сплавів, конструкційних, швидкоріжучих інструментальних, жаростійких і спеціальних сталей, які використовуються у виробництві літальних апаратів. Висока вартість цих матеріалів передбачає, що у виробництві будуть використовуватися ресурсозберігаючі технології уже на початковій стадії технологічного процесу виготовлення деталей — розрізці пруткового матеріалу. Але розрізка вище згадуваних матеріалів має свої особливості і беззаперечні труднощі. Із усіх відомих і використовуваних способів розрізки металів в сучасних умовах виробництва використовуються такі: відрізка абразивними кругами, механічними пилами, на токарних і фрезерних верстатах і автоматах, анодно-механічна, плазмотронна, лазерна, розрізка в штампах, які характеризуються відходністю технологічного процесу, окрім розрізки в штампах.

У зв'язку з цим тема дисертації, що присвячена розробці технологічного процесу і обладнання для безвідходного одержання якісних, геометрично точних заготовок деталей літальних апаратів методом швидкісної розрізки в холодному стані (за неповністю відкритим способом з активним поперечним зажимом і протигибом) є актуальною.

Дисертація є частиною дослідно-конструкторських робіт, що проводилися в Харківському авіаційному інституті ім. М.Є.Жуковського в рамках державних програм Мінісвіти і хоздоговорів.

Метою дисертації є теоретичні і експериментальні дослідження технологічного процесу одержання заготовок деталей літальних апаратів методом



безвідходної швидкісної розрізки в холодному стані, направлені на зниження металовитрат та підвищення якості отримуваних заготовок, підвищення продуктивності і покращення умов праці.

Для досягнення цієї мети були сформульовані і вирішені наступні задачі:

1. Теоретичні дослідження процесу швидкісної розрізки круглого прокату алюмінієвих сплавів, швидкоріжучих і конструкційних сталей в холодному стані з використанням неповністю відкритого способу з активним поперечним зажимом і протигибом для одержання заготовок деталей літальних апаратів.
2. Експериментальні дослідження швидкісної розрізки в холодному стані круглого прокату алюмінієвих сплавів, конструкційних і швидкоріжучих сталей, вплив протигибу на якість відрізуваних заготовок, обґрунтування живання групового розрізаючого ножа, дослідження зони крихкого злому.
3. Розробка технологічного процесу і обладнання для реалізації безвідходного процесу розрізання круглого прокату в холодному стані на мірні якісні заготовки.
4. Аналіз впливу технологічних параметрів процесу і механічних властивостей розрізуваних матеріалів на якість одержуваних заготовок.
5. Дослідно промислове впровадження технологічного процесу і обладнання по швидкісному безвідходному розкрою алюмінієвих сплавів, конструкційних, жаростійких і швидкоріжучих сталей в холодному стані. Проведення економічного обґрунтування впровадження технологічного процесу.

Методи дослідження. В роботі використана комплексна методика досліджень, що об'єднує теоретичний і експериментальний аналіз як в лабораторних, так і в промислових умовах. Теоретичні дослідження виконані на основі теорії пластичної деформації, теорії крихкого злому матеріалу.

Експериментальні дослідження процесу та обладнання для швидкісної розрізки в холодному стані круглого прокату виконувались в лабораторних і виробничих умовах з використанням стандартних і оригінальних контрольно-вимірювальних приладів, швидкісної ресстраційної апаратури, те-

леметричного вимірювального комплексу. Результати експериментів оброблялися на вмонтованій в телеметричний комплекс ЕОМ. Якість зрізу заготовок визначалася комплексом геометричних та фізичних показників, які застосовуються в промисловості.

Наукова новизна роботи

1. Теоретичним шляхом обґрунтовані основні фактори, які характеризують технологічний процес безвідходного одержання заготовок деталей літальних апаратів методом швидкісної розрізки в холодному стані, при цьому виявлені технологічні параметри, які впливають на якість відрізки і характер відрізки — крихкий злом.
2. Запропонована нова модель відрізки, яка використовує неповністю відкритий спосіб з активним поперечним зажимом і протигибом.
3. Запропонована математична модель, що описує залежність зусилля відрізки у функції часу для неповністю відкритого способу з активним поперечним зажимом і протигибом.
4. Установлений і обґрунтований двухступінчатий характер діаграм залежності “зусилля — час”.
5. Вперше експериментально досліджено процес швидкісної розрізки за неповністю відкритим способом з активним поперечним зажимом і протигибом в холодному стані за допомогою телеметричної вимірювальної апаратури. Визначені технологічні параметри багаторучайового групового ножа для відрізки заготовок різного діаметру.

Практична цінність дисертації. Результати досліджень дозволили:

- Розробити і впровадити у виробництво технологічний процес та науково обґрунтовані рекомендації швидкісної безвідходної розрізки в холодному стані алюмінієвих сплавів, конструкційних і швидкоріжучих сталей.
- Розробити, виконати і впровадити у виробництво оригінальні машини для швидкісного, точного, безвідходного одержання заготовок деталей літальних апаратів потрібної якості. Впровадити у виробництво конструкцію багаторучайового групового ножа.

- Впровадити результати роботи в вигляді технологічної документації, експериментально-дослідної машини в промисловість на ВО “Південний машинобудівний завод” м.Дніпропетровськ, запропонувати технічну документацію ВО “Воронежський механічний завод” і ВО “Завод ім. Малишева”.

На захист виносяться:

- Модель розрізки, яка використовує неповністю відкритий спосіб з активним поперечним зажимом і протигибом.
- Математична модель, що описує залежність зусилля відрізки у функції часу.
- Технологічний процес безвідходного одержання заготовок деталей літальних апаратів методом швидкісної розрізки в холодному стані.
- Технологічні рекомендації що до розробки та впровадження нового накоемкого швидкісного процесу розрізки в холодному стані та рекомендації з конструювання обладнання для його реалізації.
- Методика експериментального дослідження процесу швидкісної розрізки за неповністю відкритим способом з активним поперечним зажимом і протигибом із застосуванням телеметричного вимірювального комплексу.

Апробація роботи. Основні результати дисертації доповідалися на Все-союзній науково-технічній конференції 1 — 3 жовтня 1990 р. м.Харків, щорічних конференціях професорсько-викладацького складу ХАІ (Харків, 1985 — 1996 рр.)

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 6 наукових праць.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, 6 розділів, загальних висновків, додатку і викладена на 158 сторінках машинописного тексту, включає 66 рисунків, 17 таблиць, список використаної літератури із 159 найменувань.

Основний зміст роботи

У вступі обґрунтована актуальність теми, сформульовані мета та задачі дисертації, наукова новизна та практична значимість роботи.

У першому розділі проведено огляд та аналіз досліджень, що стосуються розробки наукових основ отримання заготовок методом швидкісної розрізки сортового прокату сталей і сплавів в штампах в холодному стані, а також визначення напружено-деформованого стану, розробки обладнання для швидкісного деформування металу, яким присвячені роботи Харківського авіаційного інституту на чолі з професором В.Г.Кононенком і його послідовниками та учнями, Борисевичем В.К., Сабелькіним В.П., Коментарського гірничо-металургійного інституту на чолі з Борисовим В.М. і його учнями, Краматорського індустріального інституту на чолі з Рогановим Л.Л. і його учнями, а також закордонними школами Московського станко-інструментального інституту на чолі з В.Т.Мещеріним і С.С.Соловцовим, МВТУ ім. Баумана, Кишинівського політехнічного інституту, Бірмінгемського університету (Велика Британія), Королівської вищої політехнічної школи (Швеція), Токійського університету (Японія), а також ФРН, Італії, США і інших.

Розглянутий аналіз теоретичних досліджень швидкісної розрізки відноситься до динамічних процесів взаємодії. Розрахунок енергосилових параметрів процесу відрізки при динамічному співударі твердих тіл, а також урахування всіх явищ процесу зв'язано зі значними труднощами. Теоретичні дослідження в цій галузі надто складні і часто не підтверджуються в достатній мірі експериментально. У зв'язку з цим приводиться декілька методів, які в достатній мірі підтверджуються експериментами, а саме: метод ліній скозання, експериментально-аналітичний метод, метод величини розпушення металу, метод верхньої оцінки, метод, який базується на вирішенні загальних рівнянь механіки суцільних середовищ. Кожний з приведених методів має свої позитивні і негативні якості. Вибір методу теоретичних досліджень має базуватися на вирішенні конкретного питання. При проведенні досліджень було вибрано експериментально-аналітичний метод співудару твердих тіл, теорії крихкого злому.

Проведено огляд способів і обладнання для його здійснення при проведенні розділових операцій, а також приведено дані про вплив швидкісної

розрізки, дію інерційних сил, стану металу і його властивостей, схеми розрізки на якість отримуваних заготовок.

Сформульовані мета та задачі досліджень.

У другому розділі досліджена нова схема розрізки рис.1, де позначено:

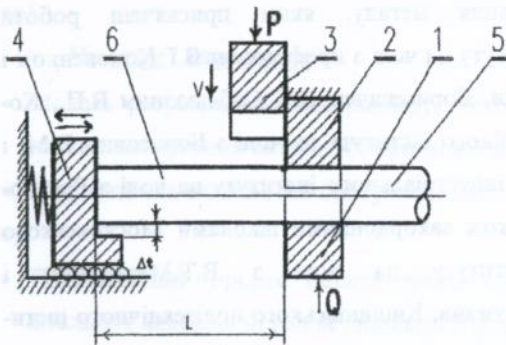


Рис. 1

1 - нижній ніж, 2 - упор, 3 - верхній рухомий ніж, 4 - налягоджуваний упор з протигибом, 5 - розрізуваний пруток, 6 - відрізувана заготовка, Δt - відстань від переднього кінця відрізуваної заготовки до площини протигибу, l - довжина відрізуваної заготовки, Q - зусилля

зажиму прутка, P - зусилля відрізки, V - швидкість польоту верхнього ножа, яка використовує неповністю відкритий спосіб з активним поперечним зажимом і протигибом. В початковій стадії розрізки відрізувана заготовка зсувається верхнім ножом відносно нижнього ножа, при цьому вільний кінець заготовки згинається до площини протигибу. Протигиб обмежує згинальну деформацію, а величина Δt характеризує утяжину на відрізуваній заготовці. В дальнішому, пружні сили від згинального моменту, діють сумісно з відрізаючою силою по згинанню заготовки в зворотньому напрямі. На цій стадії від розрізаючих ножів на розрізуваному прутку нанесені концентратори і закладений напрямок майбутнього сколу. В подальшому, від розрізаючої сили відрізувана заготовка згинається в зворотньому напрямі, відривається від основного металу і видаляється з зони розрізки. Розглянутий спосіб являє собою комбінацію зсувної деформації і холоднолому.

У загальному вигляді рівняння для визначення енергії відрізки запишеться:

$$A = \sum_{i=1}^3 A_i, \quad (1)$$

де A_1 — робота пластичної деформації металу в приторцьових зонах;

A_2 — робота появи та розвитку тріщини;

A_3 — робота видалення відділеної тріщиною заготовки з зони розрізки.

Для етапу пластичної деформації рівняння нормальних напружень записуються у вигляді:

$$\sigma_y = -\frac{\sigma_T}{\sqrt{3}} \left[\frac{2(x-a)}{\sqrt{4(x-a)^2 + y}} - \frac{2(x-a)}{\sqrt{4(x-a)^2 + (d-c)^2}} \right], \quad (2)$$

$$\sigma_x = \frac{\sigma_T}{\sqrt{3}} \left[\frac{1}{2} \ln \left| \frac{\sqrt{4(x-a)^2 + y^2} + 2(x-a)}{y} \right| - \frac{x-a}{\sqrt{4(x-a)^2 + y^2}} \right],$$

де a — поздовжня утяжина;

c — ширина блискучого пояску.

Тоді на першому етапі відрізує зусилля визначиться як:

$$R_{qy} = \frac{\sigma_{02} \cdot W_{н.о.}}{b_i}, \quad (3)$$

а на другому, коли в дію вступає протигиб:

$$R_{qn} = \frac{\sigma_{02} \cdot W_{н.о.}}{b_i \left[1 - \frac{3b_i}{2l} \left(1 - \frac{b_i}{3l} \right) \right]}, \quad (4)$$

де R_{qy} — необхідне зусилля в кінці пружного етапу деформації;

$W_{н.о.}$ — момент опору поперечного розтину при згинанні;

R_{qn} — граничне зусилля на другій і третій стадіях деформування;

b_i — величина плеча на якому діє рівнодіюча сила R_q ;

l — довжина відрізуваної заготовки.

При порівнянні співвідношень (3) і (4) видно, що на третьому етапі процесу для створення однакових значень відрізаючого моменту M потрібно більше зусилля, чим ближче до "1" співвідношення b/l . Тоді, якісний прогноз зміни зусилля відрізки за часом можна визначити за графіком рис. 2.

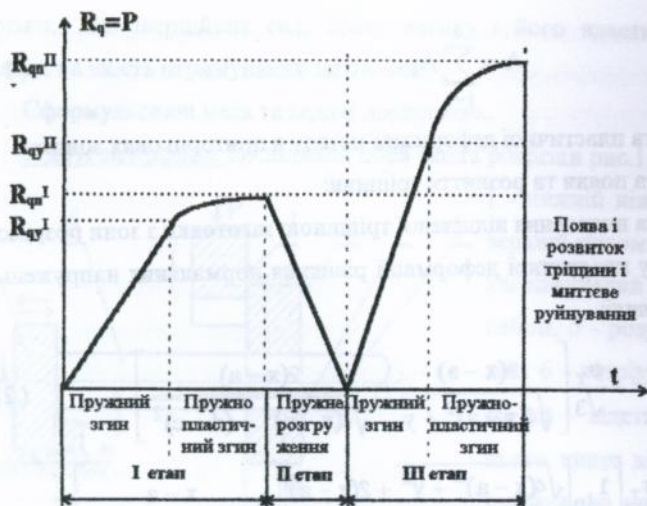


Рис. 2

де R_{qp}^I і R_{qp}^I — результуючі пружні сили від розподіленого навантаження на першому і другому етапах навантаження;

R_{qp}^I і R_{qp}^I — граничні сили, до яких можуть асимптотично наблизитися результуючі сили від розподіленого навантаження на першому і другому етапі.

Представлена на рис. 2 форма графіку пояснюється запропонованою схемою розрізки, яка використовує протигиб, який обмежує згинальну деформацію і перерозподіляє зусилля відрізки, змінюючи при цьому знак моменту на протилежний. Нанесені концентратори на розрізаному прутку на початку процесу, зміна гноття заготовки зумовили вид графіку “зусилля — час”.

Загальне рішення задачі по визначенню потрібного зусилля відрізки включає в себе необхідність зв'язаного рішення ряду найскладніших задач, а саме: контактної пружно-пластичної задачі, задачі описання напружено-деформованого стану в зоні деформації аж до появи і розвитку тріщини, сингулярної задачі теорії пружності.

Необхідність рішення цієї задачі приводить до вибору і обґрунтування

інженерних методів визначення енергосилових параметрів відрізки. Тоді зусилля відрізки визначиться як:

$$P_{\max} = k \cdot \sigma_n \cdot F_0; \quad (5)$$

де $k = 0,72$ — експериментально визначений коефіцієнт;

σ_n — границя міцності розрізуваного матеріалу;

F_0 — площа поперечного перерізу.

Робота відрізки визначиться із співвідношення:

$$A = \lambda \cdot P_{\max} \cdot h_k; \quad (6)$$

де λ — коефіцієнт заповнення площі діаграми зусилля — пройдений шлях;

h_k — величина зміщення заготовки відносно розрізуваного прутка в момент їх повного розділення.

Третій розділ присвячений експериментальним дослідженням швидкісної розрізки в холодному стані алюмінієвих сплавів, швидкоріжучих інструментальних сталей за неповністю відкритим способом з активним поперечним зажимом і протигибом. Основною метою експериментальних досліджень було підтвердження справедливості прийнятих в теоретичному аналізі припущень, перевірити працездатність неповністю відкритого способу з активним поперечним зажимом і протигибом, визначити роботу відрізки, характер прикладуваного навантаження, експериментально знайти відстань між нижньою площиною переднього кінця відрізуваної заготовки і площиною жорсткого протигибу (Δt) в залежності від діаметра розрізуваного прокату, визначити осередок деформації в приторцьових зонах.

У відповідності до поставлених задач дослідження проводились на дослідно-промисловій машині IP-40, яка виконана за неповністю відкритим способом з активним поперечним зажимом і протигибом і захищена авторським свідоцтвом. Запропонована нова методика вимірювання кінематичних параметрів відрізки, зокрема швидкості відрізки і пройденого відрізаючим ножем шляху. Для цього машина IP-40 була обладнана телеметричною вимірювальною апаратурою в поєднанні з кінореєстраційною



Рис. 3

швидкісною апаратурою рис. 3, де:

1 — телеметричний комплекс; 2 — швидкісна кінокамера; 3 — управляючий кран; 4 — зона відрізки в машині IP-40 (Рис. 1).

Установлений комплекс реєстраційної та телеметричної апаратури дозволив вимірювати, будувати графіки, складати таблиці швидкості польоту відрізаючого ножа. Після розшифровки одержаної інформації, це дозволило з достатньою мірою точності визначити роботу відрізки. Розбіжність між теоретичним розрахунком енергії відрізки і експериментальними дослідженнями становить 11,4 %.

Був експериментально підтвержений теоретично обґрунтований вид графіку зусилля відрізки за часом, який представлено на рис.4, що характери-

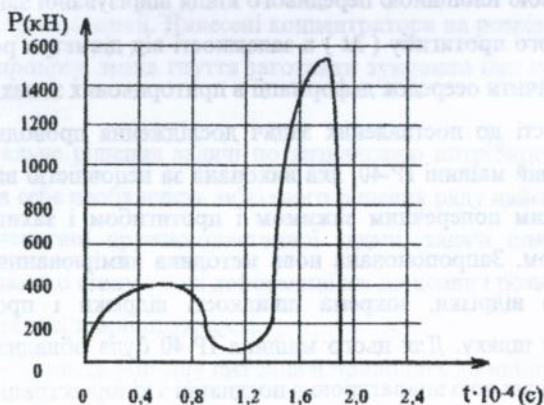
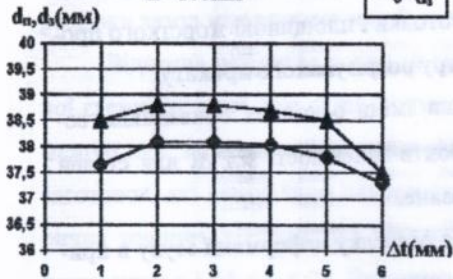


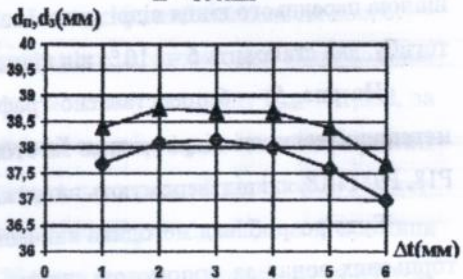
Рис.4.

Сталь Р18
Ручай $\varnothing 38-40$
Прокат $\varnothing 40$ мм
L - 100 мм

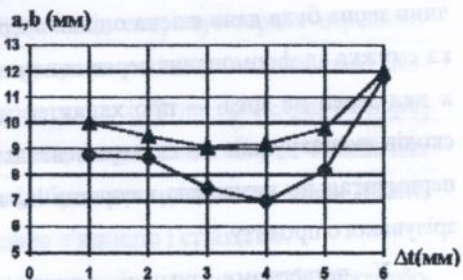
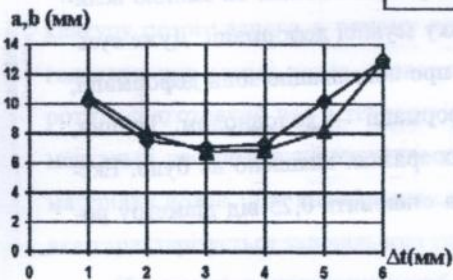
$-\Delta-$ d_n
 $-\diamond-$ d_s



Сталь Р9М4К8
Ручай $\varnothing 38-40$
Прокат $\varnothing 40$ мм
L - 100 мм



$-\Delta-$ a
 $-\diamond-$ b



$-\Delta-$ γ
 $-\diamond-$ α

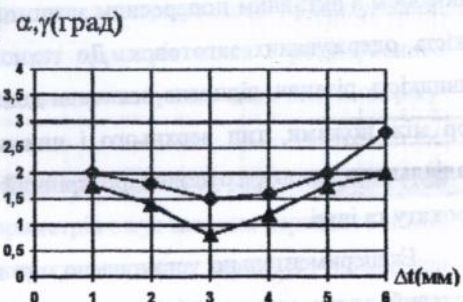
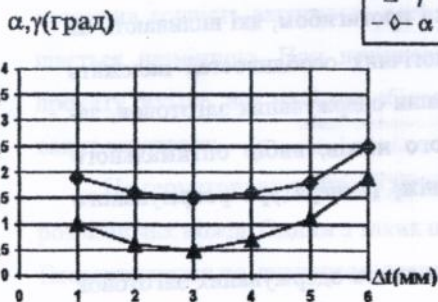


Рис. 5

Рис. 6

зус неповністю відкритий спосіб з активним поперечним зажимом і протигибом.

Експериментально визначена величина зазору Δt між нижньою площиною переднього кінця відрізуваної заготовки і площиною жорсткого протигибу, яка становить 6 — 10 % від діаметру розрізуваного прокату.

На рис. 5 — 6 представлено графіки зміни основних показників геометричної точності відрізуваних заготовок в залежності від Δt для сталей P18, P9M4K8, які підтверджують вищесказане.

Була розроблена методика вивчення осередку деформації зсуву в приторцьових зонах за допомогою шліфів неповного зрізу, а також макро- і мікрошліфів. Вивчення шліфів неповного зрізу дозволяє засвідчити появу тріщини сколу при впровадженні ножа вже на 10 %, а за допомогою макро- і мікрошліфів визначено стан металу в приторцьових зонах. За зміною величини зерна була дана якісна оцінка осередку зсувної деформації. Дуже вузька смужка здеформованих зерен говорить про локалізацію зони деформації, а вид зерен на зрізі — про характер деформації — холоднолом. Тріщин, сколів, розшарувань на експериментальних зразках виявлено не було. Експериментально визначена величина h_x , яка становить 0,25 від діаметру розрізуваного прокату.

У четвертому розділі викладені результати експериментальних досліджень технологічних особливостей отримання заготовок методом швидкісної розрізки прокату в холодному стані за неповністю відкритим способом з активним поперечним зажимом і протигибом, які впливають на якість одержуваних заготовок. До технологічних особливостей належать швидкість різання, відносна величина довжини одержуваних заготовок, зазор між ножами, тип верхнього і нижнього ножів, вибір оптимального радіального зазору, груповий розкрійний ніж, температура розрізуваного прокату та інші.

Експериментально встановлено, що на якість одержуваних заготовок суттєвий вплив має твердість швидкорізючих інструментальних сталей в стані постачання. Виявлено, що якщо твердість в стані постачання лежить в

межах до 255 НВ, то на якість вона не впливає. Якщо ж твердість перевищує 255 НВ, то можлива поява на торцях відрізуваних заготовок тріщинуватості.

Експериментально було підтверджено, що для швидкісної якісної розрізки зазор між ножами має бути нульовим, або наближеним до нього.

Відносна величина довжини відрізуваних заготовок для запропонованої схеми розрізки має свою мінімально можливу величину $l_{\min} = 1,55d$, за межою якої лежать такі великі деформації приторцьових зон відрізуваних заготовок, які неможливо використовувати в подальшій переробці. Геометрична точність відрізуваних заготовок не залежить від відносної довжини починаючи з $1,55 \leq l_0 \leq 20$. Величина 20 взята в тому значенні, що при $l > 20$ дослідження не проводились.

Розроблений та впроваджений багаторучайовий груповий ніж, в ручах якого можна розрізувати прокат різного діаметру, що розширює номенклатуру розрізуваного в одному ножі прокату, скорочує термін переналагодження при заміні ножів, дозволяє згрупувати змінні завдання, щоб скоротити підготовчий час в технологічному процесі. Були проведені експериментальні дослідження з можливості застосування різних марок сталей для матеріалу ножів. Для виробництва ножів була рекомендована сталь X12M, яка характеризується задовільною ударною в'язкістю і стійкістю.

Проведені дослідження з вибору поперечного зазору для багаторучайового групового ножа дозволили рекомендувати розрізати в одному і тому ж ручаї прокат діаметрів менших на 2 мм, ніж діаметр ручаю, при цьому геометрична точність заготовок, одержуваних з розрізуваного прокату, залишається незмінною. При невідповідності діаметрів ножа і розрізуваного прокату більше, ніж на 2 мм, збільшується геометрична неточність одержуваних заготовок.

На геометричну точність заготовок великий вплив мають форма і стан розрізаючих ножів. Одним з таких параметрів є кут заточки верхнього ножа. Експериментально визначено величину кута заточки верхнього ножа, при якій величина деформації вихідного діаметру розрізуваного прокату має бути мінімальною і становить $2...3^\circ$. Кут заточки верхнього ножа практично не

впливає на кути скосу переднього і заднього торців, а також на величину передньої і задньої утяжин. Величина вм'ятини зі збільшенням кута заточки збільшується, що призводить до спотворення вихідного діаметру розрізуваного прокату.

У п'ятому розділі приведені рекомендації з розробки технологічного процесу та дослідно-промислової машини для його реалізації при безвідходній швидкісній розрізці алюмінієвих сплавів, швидкоріжучих інструментальних та конструкційних сталей в холодному стані.

У зв'язку з тим, що відсутні аналоги машин для швидкісної розрізки швидкоріжучих інструментальних сталей, було розроблено разом із "Замовником" вимоги до таких машин. Серед основних — вимоги по якості одержуваних заготовок, забезпеченню нормальних умов експлуатації, додержання техніки безпеки. На відміну від молотів, в конструкціях яких використовуються кривошипно-шатунні механізми для зведення в робоче положення плунжера виконавчого механізму, у запропонованій швидкісній машині IP-40 як енергоносіє використовується стиснене повітря заводської пневмосистеми з тиском 0,5 МПа. Цей же енергоносіє використовується і в допоміжних механізмах. Позитивною якістю розробленої швидкісної машини IP-40 є те, що керування машиною здійснюється від однієї кнопки і виконано на базі стандартних комплектуючих пневмоз'єднань, які випускаються промисловістю, а також те, що машина не потребує громіздких гідростанцій і пульту управління. В конструкції машини використовується глушник відпрацьованого стислого повітря, який виконано як основу машини і який забезпечує наявне зменшення шуму від витікаючого стислого повітря.

Розраховано технологічний тиск стисненого повітря в ресивері машини, необхідного для розрізки кожного діаметру розрізуваного прокату.

Найсуттєвішим досягненням розробленої швидкісної машини є те, що під'єм ударника в вихідне положення виконується стислим повітрям за допомогою плаваючого поршня, а робочий хід виконується за наявності різниці тиску над поршнем і під ним, що не потребує золотникових механізмів.

В конструкції машини використовується груповий розрізаючий ніж в комплекті з протигибом і упором. IP-40 працює за неповністю відкритим способом з активним поперечним зажимом і протигибом і захищена авторським свідоцтвом.

На базі машини IP-40 була розроблена перспективна модель швидкісної машини. Метою цієї розробки було підвищити енергоємність машини, що дозволило б розрізувати прокат більшого діаметру, а також підвищити продуктивність праці і швидкість польоту ударника. З цією метою в розточці циліндру енерговузла було розміщено гільзу-клапан, за допомогою якої ресивер акумулятора стислого повітря швидше наповнюється стислим повітрям і використовує всі наявні порожнини, що дозволило підняти енергоємність і скоротити цикл роботи машини. Управління машиною здійснюється від однієї кнопки і виконано на базі стандартних блоків, як і на машині IP-40. Ця модель швидкісної машини також захищена авторським свідоцтвом.

На базі дослідно-промислової машини IP-40, а також на основі теоретичних і експериментальних досліджень швидкісної розрізки в холодному стані швидкоріжучих інструментальних сталей, які базуються на використанні неповністю відкритого способу з активним поперечним зажимом і протигибом, розроблений технологічний процес швидкісної розрізки швидкоріжучих інструментальних сталей для стикової зварки осевого ріжучого інструменту.

Для розробки технологічного процесу швидкісної розрізки були сформульовані і розроблені технічні умови на постачаємий прокат, технічні умови на відрізувані заготовки, котрі базуються на умовах технологічного процесу стикової зварки, режимах роботи машини.

Використання матеріалів теоретичних та експериментальних досліджень дозволило розробити технологічний процес швидкісної розрізки круглого прокату, який носить прогресивний безвідходний характер, направлений на підвищення продуктивності праці, виключення трудоемких операцій, покращення умов праці.

У постому розділі приведені результати випробувань і впровадження технологічного процесу і машини для безвідходного отримання заготовок методом швидкісної розрізки алюмінієвих сплавів, швидкоріжучих інструментальних, конструкційних і жаростійких сталей; статистичні дані по якості та геометричній точності відрізуваних заготовок, приведені техніко-економічне обґрунтування впровадження швидкісної розрізки швидкоріжучих інструментальних сталей в холодному стані.

В розділі приведені технологічні особливості отримання заготовок методом швидкісної розрізки алюмінієвого сплаву АМг6, а також біметалу, корозійностійких та жаростійких сталей 12Х18Н10Т і ЕП-56. Встановлено, що в холодному стані біметал, серцевину якого становить Сталь 45, а оболонку — 200ХЧФ, розрізати на якісні заготовки не вдалось. Була запропонована технологічна особливість — місцевий нагрів, який і дозволив розрізати біметал на якісні заготовки.

Приведені дані про експериментальні випробування розрізки алюмінієвого сплаву АМг6. Геометрична точність одержаних заготовок майже не відрізняється від вихідних геометричних параметрів розрізуваного прокату, а металографічний аналіз підтвердив відсутність тріщин, надривів і розшарувань.

Заготовки з жаростійкої сталі 12Х18Н10Т, що має дуже великий ступінь в'язкості, мають значний ступінь спотворення приторцьових зон розрізу (велика утяжина), кут скосу торця і вм'ятина майже відсутні.

Геометрична точність заготовок зі сталі ЕП-56 значно вище, ніж сталі 12Х18Н10Т, що пояснюється не такою високою в'язкістю вихідного матеріалу.

В таблиці 2 приведено кількісний статистичний аналіз геометричної точності одержуваних заготовок із алюмінієвого сплаву АМг6, швидкоріжучих інструментальних сталей Р18, Р9М4К8, Р12Ф2К5М3МП, Р9М4К8МП, Р6М5К5, Р9К5, Р6М5, конструкційних 40Х і 9ХС, а також жаростійких ЕП-56, 12Х18Н10Т сталей який свідчить про високу геометричну

точність заготовок, а також про фізичний стан металу в приторцьових зонах, що разом свідчить про високу якість одержуваних заготовок.

Таблиця 2

Марка сталі	Діаметр розрізуваного прокату мм	Найменування та абсолютні значення показників опотворення торця							Діаметр ручаю
		а, мм	в, мм	γ, град	а, мм	б, мм	α, град	l, мм	
P18	∅ 40	38,8	10,4	0°56'	38,6	11,3	1°04'	80	40
	∅ 25	24,5	6,0	0°24'	24,3	8,0	1°02'	100	25
	∅ 16	14,9	5,7	0°26'	14,7	7,5	1°15'	100	16
P12Ф2К5М3МП	∅ 40	38,5	10,3	1°06'	38,4	11,2	1°30'	60	40
	∅ 34	32,8	9,1	0°58'	32,6	9,4	1°04'	100	36
	∅ 20	19,0	8,1	0°48'	18,8	8,3	0°56'	50	22
P9M4K8	∅ 40	38,8	12,3	1°00'	38,6	12,8	1°20'	80	40
	∅ 32	30,6	9,2	0°56'	30,4	11,0	1°12'	60	36
	∅ 22	20,8	8,0	1°10'	20,6	8,6	1°15'	60	25
P9M4K8МП	∅ 40	38,9	10,1	0°56'	38,6	11,2	1°01'	100	40
	∅ 36	34,9	9,3	0°48'	34,6	9,9	0°56'	100	36
P9M5K5	∅ 32	30,8	9,1	0°48'	30,6	11,0	1°06'	100	36
	∅ 28	26,9	8,8	0°48'	26,7	9,5	1°07'	80	28
	∅ 12	11,4	4,3	0°46'	11,3	4,8	0°52'	80	14
P9K5	∅ 40	38,6	10,1	0°36'	38,1	11,0	0°36'	100	40
	∅ 32	30,6	8,3	0°54'	30,4	8,9	0°58'	100	32
	∅ 20	18,8	7,9	0°44'	18,6	8,5	0°48'	60	22
	∅ 16	15,0	7,3	0°36'	14,9	8,0	0°38'	66	16
P6M5	∅ 25	23,8	8,0	0°48'	23,7	8,3	0°58'	100	25
	∅ 16	15,0	6,3	0°45'	15,0	7,0	0°48'	80	16
	∅ 12	11,2	5,0	0°48'	11,1	6,0	0°56'	60	14
40X	∅ 40	38,2	14,0	0°35'	38,1	14,5	0°48'	80	40
	∅ 36	34,8	14,5	0°32'	34,0	14,9	0°36'	100	36
	∅ 32	30,6	14,6	0°38'	29,5	15,1	0°38'	100	32
	∅ 28	26,8	10,3	0°38'	26,3	10,9	0°42'	60	28
9XC	∅ 40	38,2	13,1	1°12'	38,1	13,8	1°20'	120	36
	∅ 32	30,9	12,0	1°08'	30,2	12,6	1°20'	100	40
	∅ 25	23,4	10,1	0°58'	23,2	10,5	0°59'	100	25
EP-56	∅ 25	24,4	10,7	1°42'	24	13,1	0°	90	25
12X18H10T	∅ 40	35,3	21,3	1°02'	35,6	23,0	1°58'	100	40
AMr6	∅ 40	39,0	10	0°24'	38,5	11	0°28'	100	40
	∅ 25	24,7	8	0°20'	24,9	10	0°28'	100	25

Приведений аналіз техніко-економічного обґрунтування впровадження швидкісної розрізки за неповністю відкритим способом з активним поперечним зажимом і протигибом в холодному стані тільки для швидкоріжучих інструментальних сталей в порівнянні з абразивною розрізкою дає річний економічний ефект в розмірі 186000 гривень в цінах кінця 1996 р., при цьому трудозатрати знижуються на 79,5 % і поліпшуються умови праці.

Загальні висновки

1. Теоретичні і експериментальні дослідження швидкісної розрізки круглого прокату за неповністю відкритим способом з активним поперечним зажимом і протигибом в холодному стані дозволили визначити параметри безвідходного технологічного процесу отримання заготовок деталей літальних апаратів, який забезпечує підвищення продуктивності і покращення умов праці, виключення трудомістких операцій.
2. Дослідження процесу безвідходного швидкісного одержання заготовок розрізкою в холодному стані за неповністю відкритим способом з активним поперечним зажимом і протигибом, дозволило визначити його динаміку і характер руйнування — крихкий злом.
3. Проведене теоретичне обґрунтування енергосилових параметрів запропонованого процесу дозволяє теоретично обґрунтувати двоступеневий вид діаграми “ зусилля-час ” і запропонувати інженерні співвідношення для визначення енергосилових параметрів.
4. Експериментальні дослідження, виконані з допомогою телеметричного вимірювального комплексу, одержані при цьому графіки залежності шляху відрізаючого ножа за часом і швидкості за часом, дозволили підтвердити правильність теоретичного обґрунтування двоступеневого характеру діаграми “ зусилля-час “, а також експериментально визначити величину відстані від нижньої площини переднього кінця відрізуваної заготовки до площини протигибу, яка повинна дорівнювати $0,06 \dots 0,1$ від діаметру розрізуваного прокату, вивчити осередок деформації в приторцьових зонах за допомогою мікро- і макрошліфів, визначити характер деформації — крихкий злом, а також встановити відсутність тріщин і розшарувань в приторцьових зонах.
5. Дослідження якості відрізуваних заготовок в залежності від технічних умов постачаємого прокату і його властивостей, а також від довжини відрізуваної заготовки ($1,55 < l < 20$), зазору між ножами (поперечний зазор між ножами має бути нульовим, або наближений до нього) поперечного

зазору (різниця між діаметром ножа і розрізуваного прокату повинна бути не більше двох міліметрів), кута заточки відрізаючого ножа (2 — 3°), форми і стану ножів дозволили визначити основні технологічні параметри процесу, констатувати, що запропонований спосіб отримання заготовок відповідає вимогам авіакосмічного виробництва.

6. Визначені параметри багаторучайових ножів, упорів и протигибів дозволили значно скоротити час технологічного процесу, згрупувати змінні завдання.
7. Проведений комплекс досліджень технологічного процесу отримання заготовок методом швидкісної розрізки в холодному стані і обладнання, що його реалізує, дозволив розробити та впровадити у роботу на ВО "ПМЗ" технологічний процес та машину швидкісного безвідходного отримання заготовок деталей літальних апаратів.
8. Порівняльний техніко-економічний аналіз розробленого технологічного процесу з технологічним процесом абразивної розрізки показує, що тільки на розрізці швидкоріжучої інструментальної сталі річний економічний ефект становить 186000 гривень в цінах кінця 1996 р.
9. Результати роботи дозволяють констатувати, що запропонована технологія і обладнання для її використання дозволяє отримати безвідходно заготовки деталей літальних апаратів, при цьому знижується металосмкість, підвищується якість і продуктивність праці а також покращуються умови працюючих.

Результати роботи можуть бути використані для впровадження безвідходної швидкісної технології розрізки в холодному стані на машинобудівних підприємствах.

Основні положення дисертації опубліковані в слідуючих роботах автора:

1. Кириенко П.Г. Обоснование технологических параметров при скоростной разрезке круглого проката с противогибом. В сб. Вопросы проектирования и производства конструкций летательных аппаратов. Харьков, ХАИ, 1997, с.57 — 61.

2. Кириенко П. Г., Кобрин В.Н., Федосенко И.Г. Скоростная резка быстрорежущих инструментальных сталей. "Кузнечно-штамповочное производство", 1996, № 12, с.15 — 16.
3. Федосенко И.Г., Кириенко П. Г., Аристов Г. Ф. Скоростная резка проката алюминиевых сплавов. В кн. Самолетостроение. Техника воздушного флота, Харьков, Основа, 1991, вып. 58, с. 69 — 70.
4. Федосенко И.Г., Кириенко П.Г. К раскрою биметаллического проката. В сб. Технология и оборудование космического производства. Харьков, 1988, с.159 — 161.
5. Аристов Г.Ф., Кириенко П.Г. Резка мелкосортного проката и труб на пневматических импульсных машинах. В кн. Использование импульсных источников энергии в промышленности: Харьков, 1985, 124 с.
6. Федосенко И.Г., Кириенко П. Г. Скоростная резка проката алюминиевых сплавов. В кн. Импульсная обработка металлов: Харьков, 1990, с. 127.
7. 1398253 (СССР) Вертикальная пневматическая машина для обработки проката (И.Г. Федосенко, П.Г. Кириенко) заявл. 28.07.1986.
8. 1665610 (СССР) Скоростная машина для резки проката.(И.Г. Федосенко, Г.Ф. Аристов, П.Г. Кириенко) заявл. 22.03.1991.

Аннотация

Кириенко П.Г. Исследование, разработка и внедрение технологии и оборудования для безотходного получения заготовок деталей летательных аппаратов методом скоростной резки нахолодно. Диссертация является рукописью, представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.07.04 — технология производства летательных аппаратов. Харьковский авиационный институт им. Н.Е. Жуковского, Харьков, 1997 г.

Разработан технологический процесс и машины для его осуществления по безотходной скоростной технологии разрезки на мерные бездефектные заготовки круглого проката инструментальных быстрорежущих и конструкционных сталей, а также алюминиевых сплавов в холодном состоянии

по неполностью открытому способу с активным поперечным зажимом и противогибом. Исследовано качество получаемых заготовок. Предложена методика определения энергосиловых параметров процесса.

Abstract

Kirienko P.G. The research, work out and employing processing and equipment for non-scrap production of aerospace vehicles' uppers by method of high-speed not full open cropping with active transverse clamp and counterbender. The thesis's a manuscript for an academic degree of a candidate of technical sciences on the speciality 05.07.04 — Processing of aerospace vehicles. Kharkov aviation institute, Kharkov, 1997.

The processing of non-scrap high-speed round bar cold cropping for getting measured non-defect instrumental high-speed and constructional steels and aluminium alloy uppers by not full open method with active transverse clamp and counterbender and machines for it's realisation are designed. The quality of obtained uppers is researched. The method of process powerforce parameters determination is proposed.

КЛЮЧОВІ СЛОВА

Метод безвідходної швидкісної розрізки в холодному стані, неповністю відкритий спосіб з активним поперечним зажимом і протигибом, двуступеневий характер діаграми зусилля — час, технологічний процес, крихкий злом, багаторучайовий ніж, геометрична точність.

433296

Відповідальний за випуск Листопад І.А.

Підписано до друку 11.05.97 р

Умов. печ. арк. 1. Заказ № 10. Тираж 75 екз.

Безкоштовно.

Надруковано ООО "Талант"

Харків, вул. Сумська 13.