

**Міністерство освіти й науки України
Донбаська державна машинобудівна академія (ДДМА)**

О.Є. Марков, В.В. Коткова , Н.Г. Шевченко

**Сучасні технологічні процеси виготовлення заготовок
крупних деталей відповідального призначення:**

Посібник

для студентів галузі знань 13 «Механічна інженерія» денної та заочної
форм навчання

Затверджене
на засіданні вченої ради
Протокол __ від «__» ____ 201_г.

Краматорськ
ДДМА
2019

УДК 621.73.002.63 (075.8)

M26

Рецензенти:

Кухар В. В., д-р техн. наук, професор, завідувач кафедри «Обробки металів тиском», Приазовський державний технічний університет, м. Маріуполь;

Гринкевич В. А., д-р техн. наук, професор, Національна металургійна академія України, м. Дніпро.

Розглянуто експлуатаційні характеристики існуючого ковальсько-штампувального обладнання, наведено відомості про типи, принципи і вимоги до якості ковальсько-штампувального обладнання, розглянуто процес удосконалення техпроцесу кування поковок типу валів ротора. Удосконалення техпроцесів кування колінчастих валів.

Марков, О. Є.

M26 Сучасні технологічні процеси виготовлення заготовок крупних деталей відповідального призначення: посібник для студентів галузі знань 13 «Механічна інженерія» денної та заочної форм навчання / О.Є. Марков, В.В. Коткова, Н.Г. Шевченко – Краматорськ : ДДМА, 2019. – 103 с. ISBN 978-966-379-907-5

УДК 621.73.002.63 (075.8)

M26

ISBN 978-966-379-907-5

© О.Є. Марков, 2019

В.В. Коткова,

Н.Г. Шевченко, 2019

© ДДМА, 2019

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. ВИГОТОВЛЕННЯ КРУПНОГАБАРИТНИХ ПОКОВОК ТИПУ ЦИЛИНДРІВ ЗІ СТУПІНЧАСТОЮ ФОРМОЮ ПО ЗОВНІШНЬОМУ І ВНУТРІШНЬОМУ ДІАМЕТРАХ ПОКОВКИ НА ПРЕС	7
РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХПРОЦЕСУ КУВАННЯ ПОКОВОК ТИПУ ВАЛІВ РОТОРА.....	13
РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХПРОЦЕСІВ КУВАННЯ КОЛІНЧАТИХ ВАЛІВ	17
РОЗДІЛ 4. КУВАННЯ ГЛАДКИХ ДОВГОМІРНИХ ПОКОВОК КРУГЛОГО ПЕРЕРІЗУ	36
РОЗДІЛ 5. ПІДКЛАДНИЙ ШТАМП ДЛЯ ПРОШИВАННЯ ОТВОРІВ ПОКОВОК КРУГЛОГО ПЕРЕРІЗУ	39
РОЗДІЛ 6. ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ПОКОВОК ВАЛКІВ ХОЛОДНОЇ ПРОКАТКИ	42
6.1 Перспективи розвитку кування шляхом послідовного суміщення процесів деформування і проміжної термічної обробки	44
6.2 Шляхи підвищення точності поковок і коригування режимів при остаточній термічній обробці.....	47
6.3 Підвищення зносостійкості і працездатності валків холодної прокатки	49
РОЗДІЛ 7. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ КУВАННЯ СКЛАДНИХ ТРУДОМІСТКІСТНИХ ПОКОВОК	54
7.1 Виготовлення трьох колінчастих валів куванням з наступним штампуванням колін в підкладному штампі.....	54
7.2 Виготовлення опорних валків з осьовим змінним отвором	62
7.3 Спосіб виготовлення пустотілих сферичних поковок з утворенням внутрішньої і зовнішньої поверхонь	69
7.4 Кування пластин з криволінійної формою по ширині.....	74

7.5 Пристрій для розкочування пустотілих виробів на гідравлічному пресі.....	80
7.6 Виготовлення довгомірних пустотілих циліндрів	84
7.7 Виготовлення пустотілих циліндричних поковок з усуненням внутрішньої конусної поверхні	88
7.8 Спосіб виготовлення тонкостінних довгомірних труб на гідравлічних пресах	93
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	100

ВСТУП

У ковальсько-пресових цехах виготовляється велика різноманітність поковок по маркам сталей, формі з різними перерізами і розмірами по довжині.

У більшості випадків до них відносяться такі типи поковок: гладкі круглого і прямокутного перерізу, круглого і квадратного перерізу з уступами, циліндри з отворами, шестерні та диски з отворами і без отворів і т. д. Перерахована вище номенклатура виробів є певні групи поковок, близькі за схемою кування і конфігурації. Це являє можливим розглянути і вивчити технологічні особливості тих чи інших поковок і цілком закономірним є подальше вдосконалення виробництва крупногабаритних поковок на гідравлічних пресах. Головним напрямком останнім часом все більш вигідно стає отримувати поковки, близькі за формою і розмірами готових деталей. Це завдання вирішується шляхом застосування спеціалізованого кувального інструменту при куванні і штампуванні поковок, використовуючи підкладні кільця і штампи різноманітної форми, вузькі бойки, як при куванні, так і при розкочування поковок, накладки та інше, а також за рахунок виготовлення окремих поковок з відносно малими припусками і меншим полем допусків при досягненні підвищеної пластичності металу, яку можливо досягти при суміщених режимах їх кування і термообробки. У той же час необхідно при розробці нових технологічних процесів враховувати досвід і досягнення передових підприємств щодо вдосконалення виробництва крупногабаритних поковок з урахуванням раціональних витрат металу і підвищення якості виробів, що виготовляються [1].

РОЗДІЛ 1

ВИГОТОВЛЕННЯ КРУПНОГАБАРИТНИХ ПОКОВОК ТИПУ ЦИЛІНДРІВ ЗІ СТУПІНЧАСТОЮ ФОРМОЮ ПО ЗОВНІШНЬОМУ І ВНУТРІШНЬОМУ ДІАМЕТРАХ ПОКОВКИ НА ПРЕСАХ

У номенклатурі багатьох підприємств важкого машинобудування є пустотіла продукція із ступінчастою формою по зовнішньому і внутрішньому діаметрах. Кування таких поковок проводиться з напуском металу з боку уступу внутрішнього діаметра і виготовляються вони методом протягування на стандартних оправках. В процесі протягування заготовки на оправці не представляє особливих труднощів виконати по зовнішньому її діаметру ступінчасту форму поковки, в той час по внутрішньому діаметру відбувається формування гладкої форми отвору з діаметром, рівним зовнішньому діаметру оправки. Для кування циліндрів з діаметром чистового отвору понад 1250 мм згідно ГОСТ 7062-90 необхідно мати стандартні оправки діаметром від 1150 до 1400 мм. При цьому виготовлення таких оправок діаметром 1150 мм і більше пов'язано зі значними трудовитратами, так як вони мають значну масу; для їх транспортування необхідно мати обладнання більшою вантажопідйомності, яке не завжди мають у своєму розпорядженні ковальсько-пресові цехи. У зв'язку з зазначеними обставинами для кування крупногабаритних поковок типу циліндрів не завжди надається можливість виконати отвір в поковках з необхідними розмірами відповідно ГОСТ 7062-90. Вище відзначені недоліки призводять до збільшення витрати металу і трудомісткості при механообробці пустотілих поковок типу циліндрів. З огляду на складну конфігурацію поковки і особливості технологічного процесу її виготовлення, завдання вдосконалення технологічного процесу виробництва крупногабаритних поковок типу

циліндрів із ступінчастою формою по зовнішньому і внутрішньому діаметрах вирішується в два етапи:

- на першому етапі розглядається можливість виготовлення пустотілих циліндрів із ступінчастою формою по зовнішньому діаметру шляхом розкочування заготовки на оправці (дорні) до отримання поковочних розмірів;

- на другому етапі – формування ступінчастої форми поковки по внутрішньому діаметру шляхом заковування одного із ступенів заготовки.

Суть розкочування поковок ступінчастої форми на першому етапі полягає в тому, що в процесі попередньої протягування виробляють формування ступенів поковки на стандартній оправці. При цьому заготовці надається форма, аналогічна формі поковки, а в процесі розкочування форма заготовки не змінюється до отримання поковочних розмірів, змінюються тільки діаметри ступенів і їх довжина [2].

При розробці технології кування поковок під ступінчасте розкочування необхідно враховувати розширення за діаметрами і довжині заготовки з розрахунку, що при розкочування внутрішнього діаметра на кожні 300 мм розширення зовнішнього діаметра становить 100 мм, а по довжині – до 10 мм.

На другому етапі здійснюють формування ступінчастої форми поковки шляхом заковування одного із ступенів заготовки. При цьому переріз заготовки до заковування має бути в 1,6 ... 1,8 рази більше перерізу після заковування. При заковуванні значний вплив має товщина стінки, причому, чим більше товщина стінки, тим більше металу плине в довжину. Потрібно більший переріз для заковування. Тому розрахунок розмірів заготовки на даному етапі кування є одним з важливих моментів заковування кінцевої ділянки поковки. Як правило, заковування кінцевого ділянки заготовки виробляють на оправці рівномірними обтисканнями в комбінованих або вирізні бойках, в залежності від хімічного складу сталі, з якої виготовляється поковка. Поєднання операцій ступінчастого

розкочування заготовки з подальшим заковуванням кінцевого ділянки до отримання виступу по внутрішньому діаметру поковки дозволяє отримати поковки нової конфігурації, наблизивши її за формою і розмірами до чистових розмірів деталі. Це в значній мірі скорочує витрати металу і трудомісткість механічної обробки в порівнянні з попереднім способом виготовлення пустотілих поковок типу циліндрів. Крім того, за запропонованим рішенням при виготовленні крупногабаритних поковок типу циліндрів виключається необхідність у виготовленні великовагових оправок, а також розширює номенклатуру виготовлення поковок як по конфігурації, так і за діаметрами. Порівняльні технологічні процеси кування поковок типу циліндрів з отворами (базового і нового) наведені в таблиці 1.1 і 1.2. Слід зазначити, що на кінцевих ділянках поковки товщина складає мінімум 100 мм. У цих випадках раціонально такі кінцеві ділянки поковок деформувати в вирізних бойках з рівномірними обтискуваннями до нуля, тобто до зіткнення стінок поковки по внутрішньому їх діаметру (рис. 1.1 і 1.2).

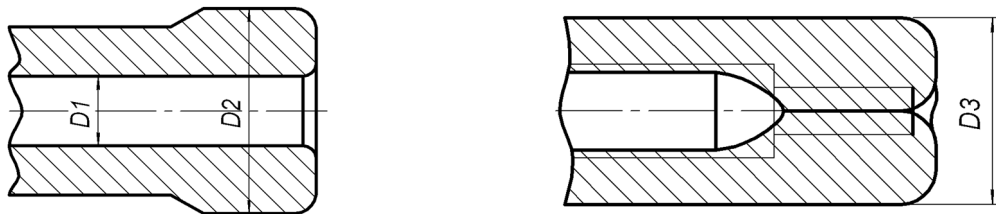


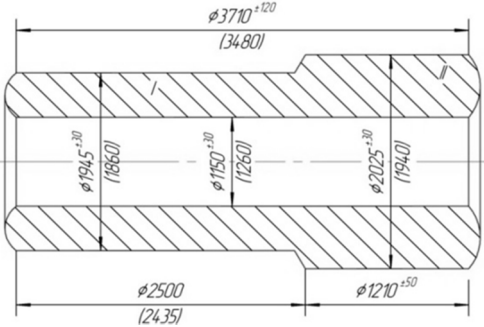
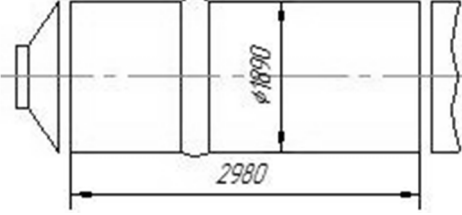
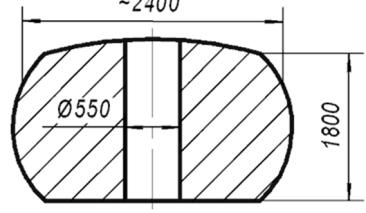
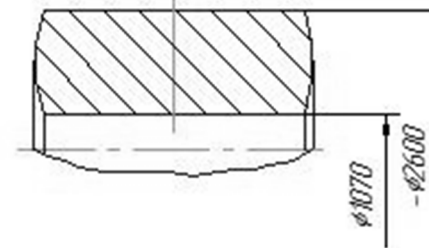
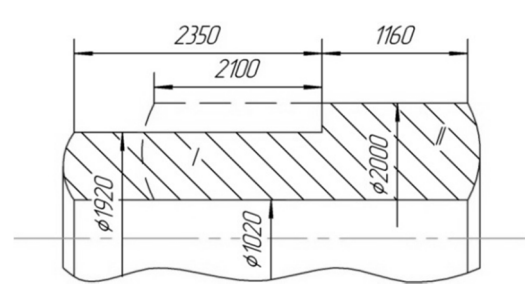
Рисунок 1.1 – Переріз до заковування *Рисунок 1.2 – Переріз після заковування*

Для повного заковування діаметр отвіру фланця заготовки визначається виходячи з нижченаведеної рівності

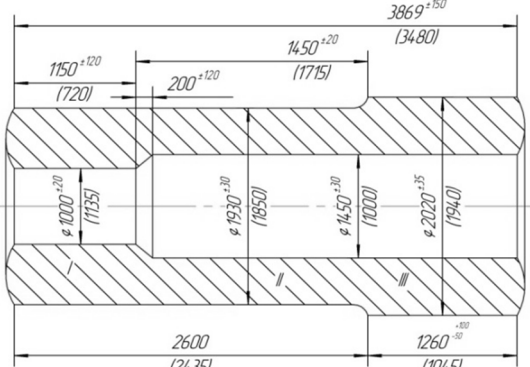
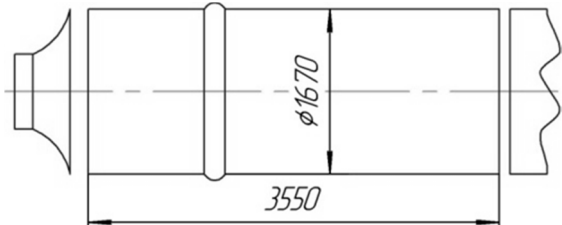
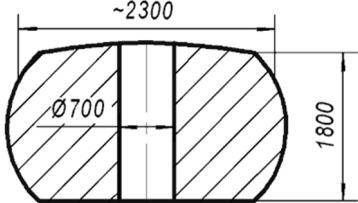
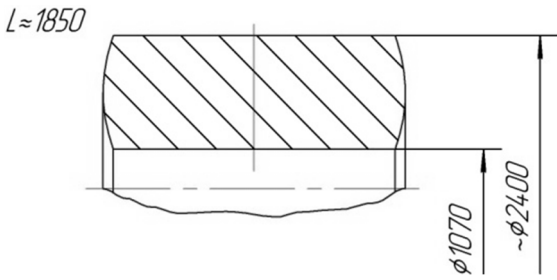
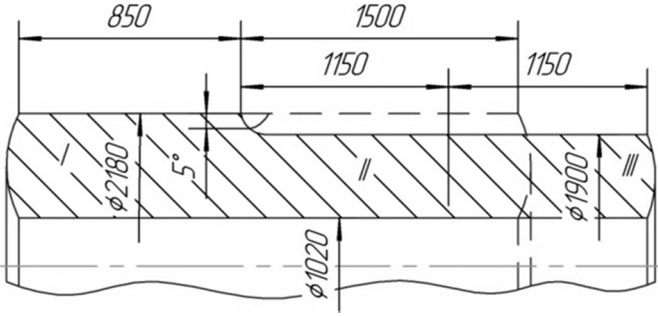
$$\frac{0,785(D_2^2 - D_1^2)}{0,785D_3^2} = 2,2 \dots 2,3.$$

Це в значній мірі зменшує витрати металу і трудомісткість їх механічної обробки і підвищує якість виготовлених виробів.

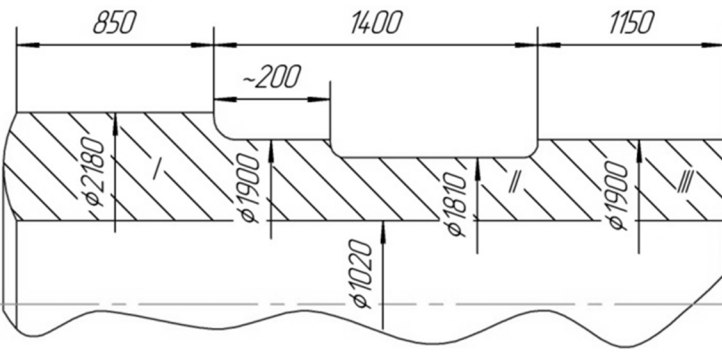
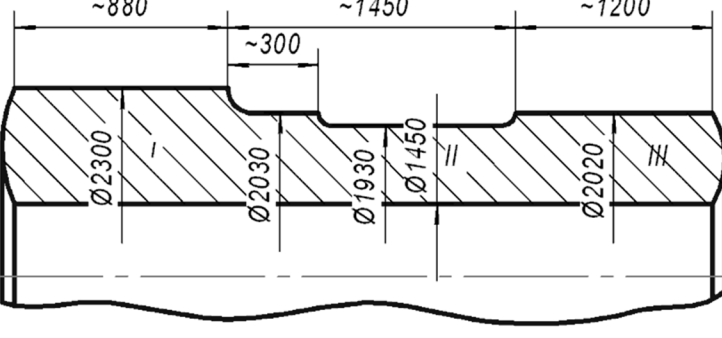
Таблиця 1.1 – Базовий технологічний процес кування поковки «Вал пустотілий»

<p> $M_{\text{пок}} = 62700 \text{ кг};$ $M_{\text{сл}} = 98000 \text{ кг};$ Матеріал – сталь 45; Розміри в дужках – чистові </p>	
<p>Найменування операцій</p>	<p>Ескізи переходів</p>
<ol style="list-style-type: none"> Збілетувати донну частину з потовщенням. Зрізати піддон, розгорнути. Збілетувати залишок злитка. Відрубати блок, посадити в піч. 	
<ol style="list-style-type: none"> Осадити блок сферичної плитою до $H = 1800 \text{ мм}$. Прошити пустотілим прошивнем $\text{Ø} 550 / 300 / 240$, зрізати задирку в гарячому стані. Посадити в піч. 	
<ol style="list-style-type: none"> Вирівняти стінки розкочуванням на дорні до $\text{Ø}_{\text{вн}} = 1070$. Посадити в піч. 	
<ol style="list-style-type: none"> На оправці $\text{Ø} 1060 / 980$ обтиснути на $\text{Ø} 2000$. Розмітити Обтиснути уступ I на $\text{Ø} 1920$. Зняти з оправки. Посадити в піч. 	
<ol style="list-style-type: none"> На дорні розкатати фланець і уступ I послідовно з величиною обтискання $50 \dots 30 \text{ мм}$ за хід преса в міру. Правити по осі і еліпс. Маркувати. Передати в т / відділ. 	<p>див. ескіз поковки</p>

Таблиця 1.2 – Новий технологічний процес кування поковки «Вал пустотілий»

<p> $M_{\text{пок.}} = 52500 \text{ кг};$ $M_{\text{зл.}} = 82000 \text{ кг};$ Матеріал – сталь 45; Розміри в дужках – чистові </p>	
<p>Найменування операцій</p>	<p>Ескізи переходів</p>
<p>1</p>	<p>2</p>
<p> 1. Збілегувати злиток розворотом. 2. Вирубати блок з розворотом. 3. Посадити в піч. </p>	
<p> 1. Осадити блок сферичною плитою до $H = 1800 \text{ мм.}$ 2. Прошити пустотілим прошивнем $\varnothing 700 / 400.$ 3. Посадити в піч. </p>	
<p> 1. Вирівняти стінки розкочуванням на дорні до $\varnothing_{\text{вн}} = 1070.$ 2. Посадити в піч. </p>	
<p> 1. Одягнути заготовку на оправку $\varnothing 980 / 1060$ двома кранами. 2. Протягнути на $\varnothing 2180, l \approx 2500$ 3. Розмітити і підсікти. 4. Обтиснути ділянки II та III на $\varnothing 1900; l \approx 2300.$ 5. Розмітити. </p>	

Продовження таблиці 1.2

1	2
<ol style="list-style-type: none"> 6. Обтиснути середину з потовщенням на $\varnothing 1810$, $l \approx 1200$. 7. Зняти з оправки. 8. Виправити по осі. 9. Посадити в піч. 	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити бойки шириною $B = 1200$ мм. 2. Взяти заготовку на дорн. 3. Розкатати послідовно частини I-II-III згідно ескізу з величиною обтискання 40 ... 50 мм за хід преса. 4. Правити еліпс. 5. Змінити розкочувальні стійки на нижній вирізний бойок. 6. Закувати кінці в міру (ділянка I на $\varnothing 2300$, ділянку III на $\varnothing 2020$), виправити по осі. 7. Дорном посадити в піч. 	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Видати заготовку з печі. 2. Взяти на оправки $\varnothing 980 / 1060$ двома кранами. 3. Ділянку I рівномірними обтисканнями закувати і протягнути в міру на $\varnothing 1930$. 4. Обтиснути потовщення в міру на $\varnothing 1930$. 5. Зняти з оправки. 6. Виправити по осі. 7. Маркувати. 8. Передати в т / відділ. 9. Контроль ВТК. 	<p>див. ескіз поковки</p>

РОЗДІЛ 2

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХПРОЦЕСУ КУВАННЯ ПОКОВОК ТИПУ ВАЛІВ РОТОРА

В даний час серед номенклатури виробів НКМЗ, яка виготовляється на експорт, значну частину на заводі займають поковки типу валів роторів циліндричної форми з декількома уступами і кінцевим виступом (фланцем) більшого діаметру (рис. 2.1). При цьому за існуючими техпроцесами виготовлення валів роторів здійснювалося по 2 штуки зі злитка за схемою, що включає в себе такі операції:

- білетування злитка;
- осадження;
- попереднє протягування;
- надрубка і підсікання фланців;
- остаточне протягування.

Основним недоліком виготовлення валів роторів по вказаній схемі є те, що після розрубання поковок на торцях фланців залишаються скоси довжиною до 200 мм, а примикає до фланця кінцевий уступ на заготовці деталі закривається напуском металу через малу його довжини. Тому їх виготовлення здійснювалося з підвищеними витратами металу і значною трудомісткістю механообробки, особливо на фланцевій частині поковки.

У літературі відомі різні способи осадження заготовок [3]. При цьому висадку виробляють найчастіше в штампі. Під час висадки в штампі діаметр заготовки дорівнює діаметру отвору (діаметру стрижня поковки). Якщо заготовка обрана більшого діаметра, то частину, яка не висаджується – попередньо протягають. У виробничих умовах, як правило, після висадки фланця протягають частина заготовки що не висаджується до поковочних розмірів з метою виключення зміни оснащення (кілець) при переході з одного типорозміру поковки на інший.

Висадження застосовують, коли на довгих і важких валах потрібно отримати фланець і висадка в штампі або кільці неможлива.

Недоліком перерахованих вище способів є необхідність зміни підкладних кілець при куванні роторів зі східчастими переходами в хвостовій частині поковки, а процес висадки фланців дуже трудомісткий і несприятливо позначається на продуктивності і роботі обладнання. Крім того, процес висадки фланця супроводжується появою зайвих припусків по діаметру (діжкоподібності), що призводить до додаткових витрат металу і трудомісткості механічної обробки.

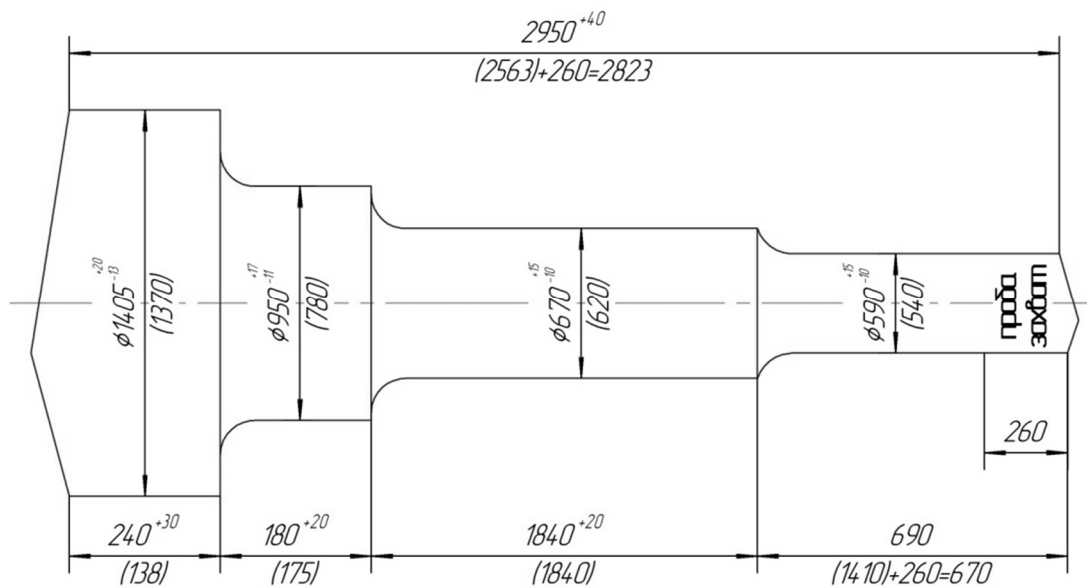
Виходячи з вищесказаного, слід зазначити, що існуючі техпроцеси кування валів роторів мають приблизно ті недоліки, які є в наведених способах-аналогах при виготовленні подібних поковок.

З метою зменшення витрат металу і трудомісткості механічної обробки запропоновано виготовляти поковки валів роторів за принципово новою технологією [4]. За цією технологією спочатку протягають кінцеві шийки заготовки 1 до поковочних розмірів, потім проводять формування фланця і прилеглого до нього уступу штампуванням при температурі нагріву металу до $t = 1100^{\circ}\text{C}$ в підкладному кільці 2, встановленому по опорної обичайки 3 (рис. 2.1).

Запропонована технологія виготовлення заготовок валів роторів усуває скоси і напуски металу на фланцевій частині поковок, що дозволяє значно зменшити витрати металу і трудомісткість механічної обробки в порівнянні з існуючими техпроцесами їх кування. Крім того, є можливість вести кування поковок валів роторів по одній штуці зі зливка, що дозволяє поліпшити якість виготовлення заготовок роторів з раціональним використанням витрат металу. У таблиці 2.1 наведені ескізи поковок за базовим і новим варіантам виготовлення валу ротора.

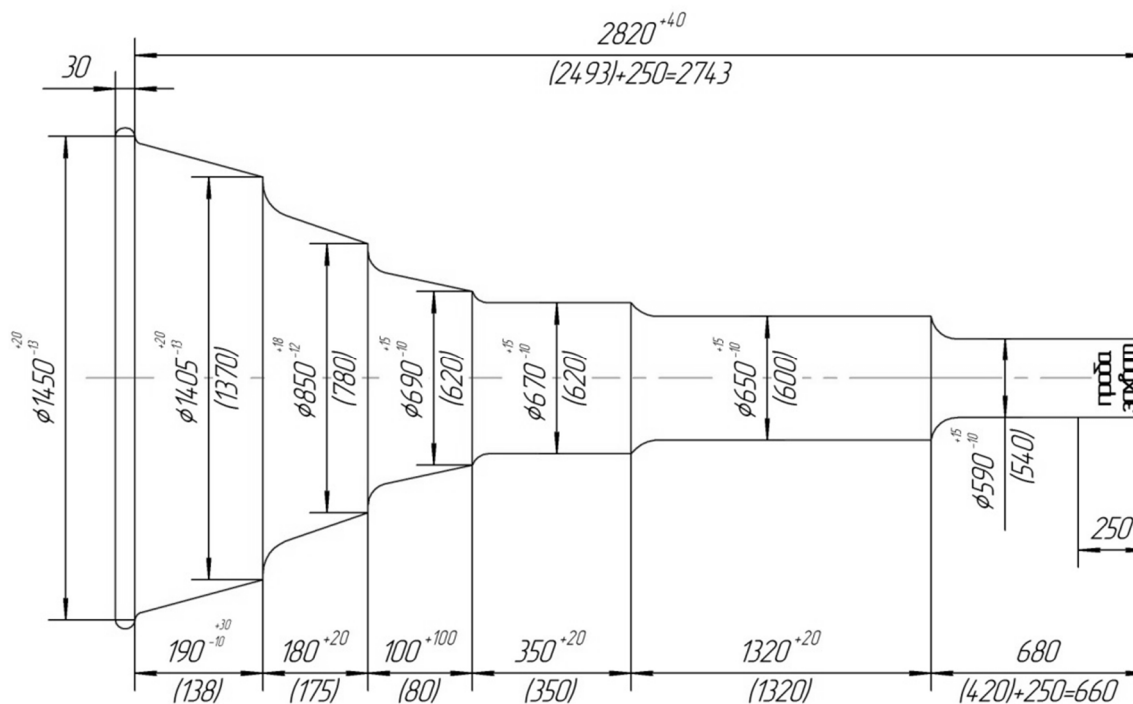
Таблиця 2.1 – Ескізи поковок валу ротора

Кування по базовому варіанту



$M_{\text{пок}} = 10,8$ т, $H_p = 17,0$ т

Кування по новому варіанту



$M_{\text{пок}} = 9,8$ т, $H_p = 15,0$ т

РОЗДІЛ 3

УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХПРОЦЕСІВ КУВАННЯ КОЛІНЧАСТИХ ВАЛІВ

Виготовлення колінчастих валів є складним і трудомістким процесом у зв'язку зі специфічними особливостями розвороту колін, що пов'язано із застосуванням великої кількості виносів і підігрівань.

Приклад 1. Ескіз поковки трьох колінчастого валу наведено на рисунку 3.1 з розташуванням колін під кутом 60° . Матеріал – сталь 40ХН. Маса поковки – 23000 кг. Ковку і розворот колін проводили на пресі зусиллям 100 МН із злитка масою 36000 кг. За існуючої технології для виготовлення колінчастого валу потрібно вісім виносів.

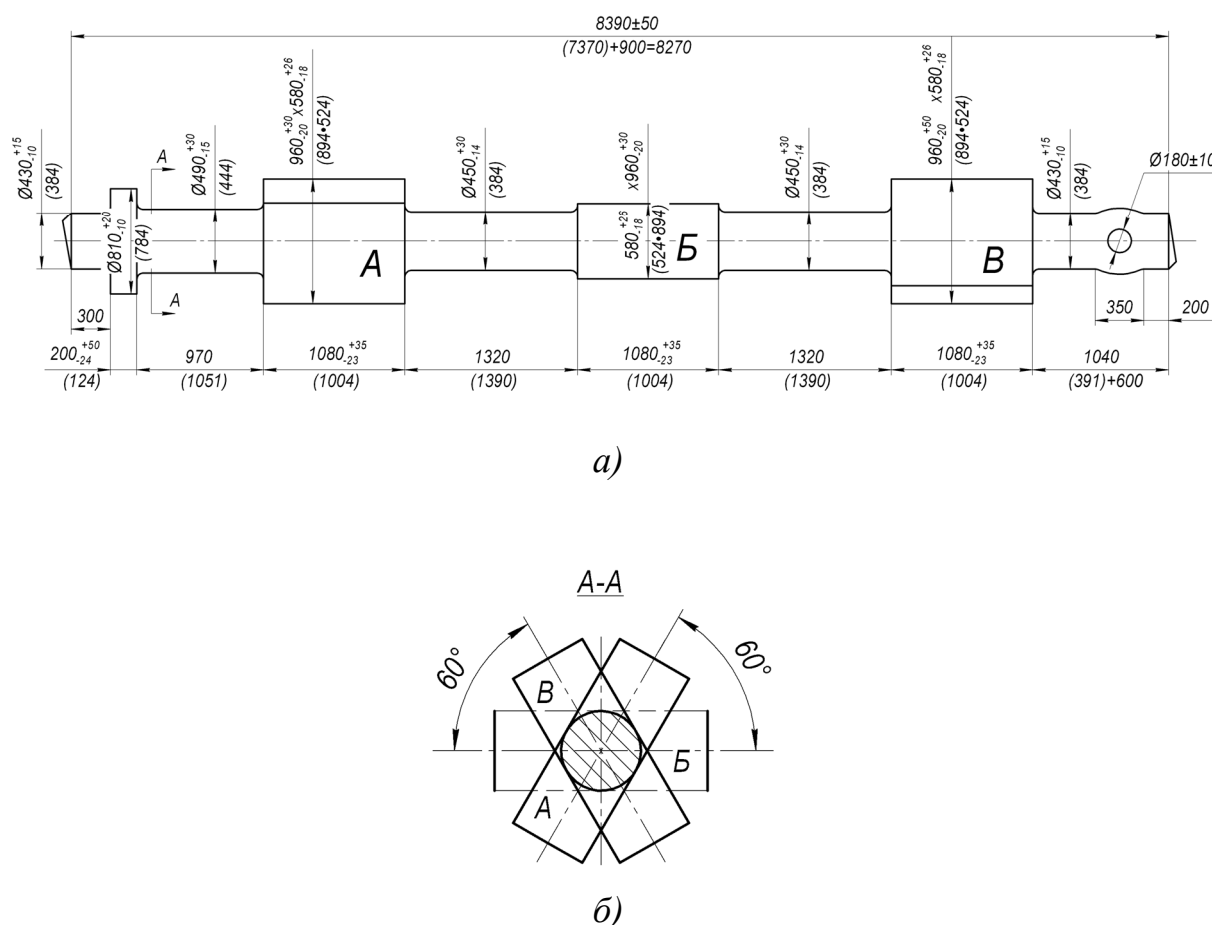


Рисунок 3.1 – Ескіз поковки трьох колінчастого валу (а) і переріз А–А (б)

У першому виносі здійснювали білетування злитка і кування прибуткової частини (рис. 3.2, а). У другому виносі проводили осадження злитка до $\varnothing 1600$ мм і протяжку на $\varnothing 1200$ мм (рис. 3.2, б, в). У третьому виносі здійснювали протяжку на 1060×800 і 1060×600 мм, розмітку і підсікання колін і фланця, протягування донного кінця на $\varnothing 810$ мм і на $\varnothing 430$ мм (рис. 3.2, г; д, е). У четвертому виносі вузькими бойками шириною, рівній 300 мм, правилися шийки попередньо до довжини 850 мм (ескіз не показаний).

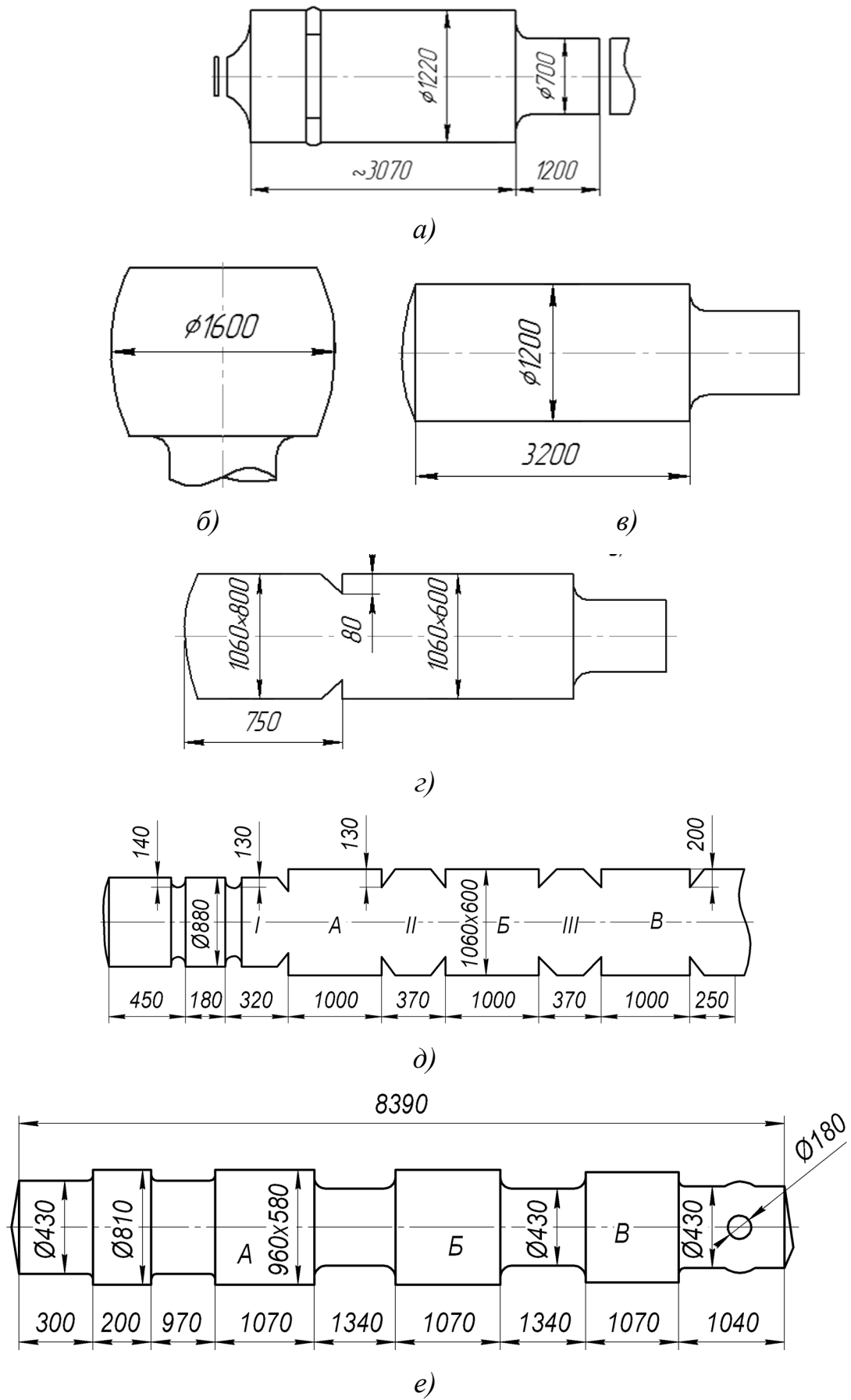


Рисунок 3.2 – Переходи кування трьох колінчастого валу з розворотом колін

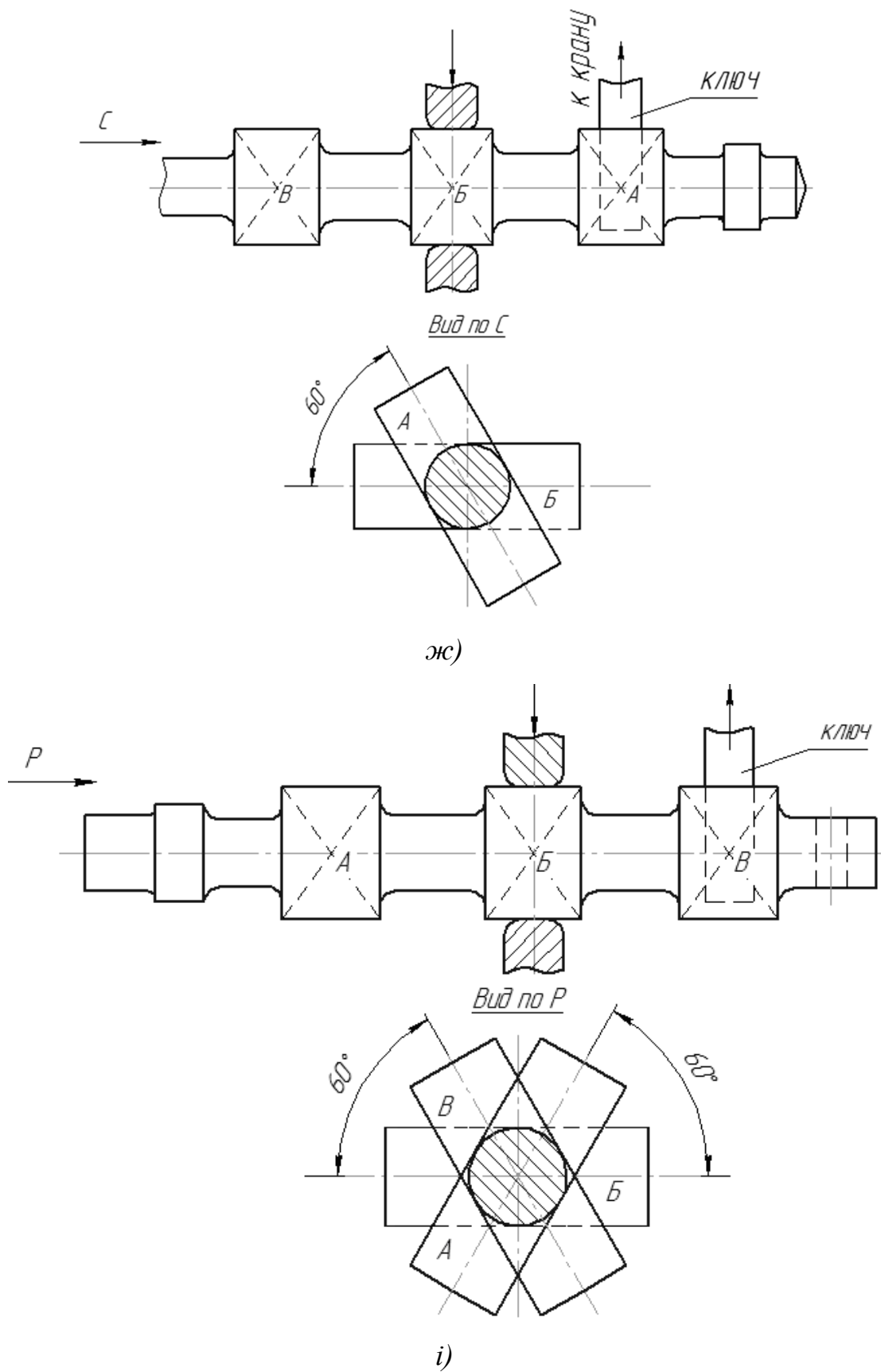


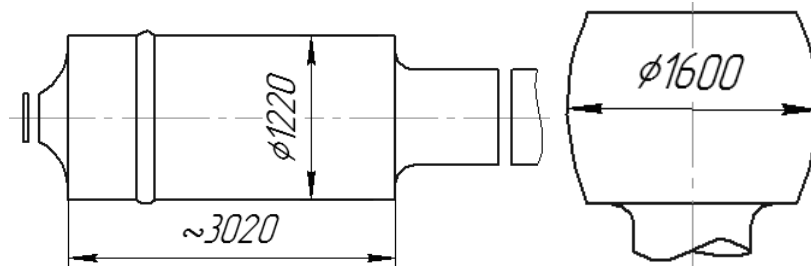
Рисунок 3.2, лист 2

У п'ятому виносі обтискали шийку I на \varnothing 490 мм, шийки II і III на \varnothing 450 мм, коліна А, Б в міру. Прогладити фланець в міру (рис. 3.2, д; г). У шостому виносі обтискали прибутковий кінець на квадрат 430×430 мм і збили кути на \varnothing 430 мм. Коліно В правили в міру, потім сплющили кінець на плоских бойках і прошили \varnothing 180 мм з двох сторін (рис. 3.2, е). Після цього заготовку відправили в термовідділ на ізотермічний відпал. Після ізотермічного відпалу заготовку відправили в механічний цех на проточку шийок під наступний розворот колін. Ескіз заготовки після проточок шийок не показаний. У сьомому виносі шийку між кінцями А і Б нагрівали до $950 \dots 1000^\circ\text{C}$, після нагрівання встановили коліно Б в бойки і ключем розгорнули коліно А на кут 60° (рис. 3.2, ж). В останньому виносі шийку між колінами Б і В нагрівали до $950 \dots 1000^\circ\text{C}$, після нагрівання встановили коліно Б в бойки і ключем розгорнули коліно В на кут 60° (рис. 3.2, і). Після закінчення кування поковки відправили в термовідділ на ізотермічний відпал. Розворот колін за вказаною схемою є дуже складним і трудомістким процесом. При цьому знижується продуктивність процесу кування, обумовлена застосуванням ізотермічного відпалу і попередньої проточки шийок перед операцією розвороту колін.

З метою усунення зазначених недоліків розроблений і впроваджений новий процес кування крупногабаритних трьох колінчастих валів з урахуванням технічного рішення [5], суть якого полягає в наступному. Спочатку кування колін здійснюють на циліндричний переріз, потім осадженням і обтисканням формують їх на прямокутний переріз, а розворот колін на заданий кут виробляють кантуванням заготовки перед обтисненням кожного наступного коліна на остаточні розміри. При цьому відношення поперечного перерізу колін після попередньої і остаточної кування витримують рівним $1,25 \dots 1,35$. За новою технологією розглянуте вище кування трьох колінчастого валу виготовляється за п'ять виносів.

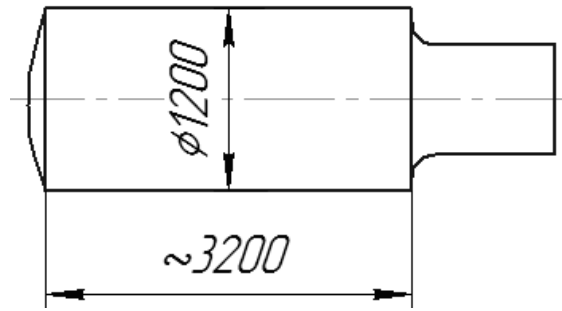
У першому виносі після нагрівання до кувальної температури злиток білетують на \varnothing 1220 мм, обтискають прибуткову частину під плиту, осаджують до

\varnothing 1600 мм і протягають на \varnothing 1200 мм (рис. 3.3, а, б, в). У другому виносі протягають злиток на \varnothing 950, виконують розмітку і підсікання, протягування донного кінця на \varnothing 850 і \varnothing 430 мм, виправлення фланця в міру, обтиснення прибуткового кінця під захват (рис. 3.3, г). У третьому виносі встановлюють вузькі бойки шириною, рівній 300 мм, I обтискають шийки до входу бойка ($l=850$ мм). У четвертому виносі обтискають шийку I до $l=930$ мм, шийки II і III – до $l=1150$ мм (рис. 3.3, д). У п'ятому виносі встановлюють коліно В на плиту і обтискають в міру (рис. 3.3, е), потім повертають коліно В на кут 60° і обтискають коліно Б в міру на плиті (рис. 3.3, ж), далі встановлюють на плиту коліно А і розгортають коліно Б на кут 60° , після цього обтискають коліно А в міру (рис. 3.3, і). Такий спосіб виключає попередню проточку шийок під розворот, а також проміжний ізотермічний відпал і наступні підігриви шийок під розворот колін за допомогою ключа і крана, що значно скорочує цикл виготовлення колінчастих валів.



a)

б)



в)

г)

д)

Рисунок 3.3 – Переходи кування трьох колінчастого валу і розворот колін