

05.03.05 / *Музичук Василь Іванович*. – Вінниця, 2006. – 216 с. **15.** *Кириця І. Ю.* Удосконалення процесів холодного пластичного деформування при отриманні вісесиметричних заготовок з глухим отвором : дис. ... канд. техн. наук: 05.03.05 / *Кириця Інна Юріївна*. – Вінниця, 2008. – 207 с. **16.** *Панфилов Г. В.* Теоретический силовой анализ штамповки стержневых остроконечных изделий / *Г. В. Панфилов, Д. Н. Исакин, С. С. Груздев* / В. сб.: Исследования в области теории, технологии и оборудования обработки металлов давлением. – Орел–Тула. – 1998. – С. 50–56. **17.** *Хвостов Е. Ю.* Методика проектирования процессов многопереходной холодной штамповки остроконечных стержневых деталей / *Е. Ю. Хвостов, Панфилов Г. В.* // Тез. докл. Всероссийск. научн.-техн. конф. «Студенческая научная весна 2008: Машиностроительные технологии». Секция «Оборудование и технология обработки давлением», посв. 140-летию МГТУ им. Н.Э. Баумана, 7-9 апреля 2008 г. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – С. 61–69. **18.** *Смирнов Д. П.* Модернизация универсальной испытательной машины УИМ-100 для проведения пластометрических испытаний труднодеформируемых материалов и выбора температурного режима обработки / *Д. П. Смирнов, М. Л. Первов* // Тез. докл. Всероссийск. научн.-техн. конф. «Студенческая научная весна 2008: Машиностроительные технологии». Секция «Оборудование и технология обработки давлением», посв. 140-летию МГТУ им. Н.Э. Баумана, 7-9 апреля 2008 г. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2008. – С. 40–48. **19.** *Кухарь В. В.* Критериальный анализ бесштампового формообразования удлиненных поковок с заостренным концом / *В. В. Кухарь* // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький: ХНУ, 2010. – № 4. – С. 7–11. **20.** *Диамантопуло К. К.* Технологические предпосылки получения удлиненных поковок с заостренным концом / *К. К. Диамантопуло, В. В. Кухарь, Ю. К. Диамантопуло* // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький: ХНУ, 2010. – № 2. – С. 41–45. **21.** Спосіб одержання подовжених виробів із загостреним кінцем [Текст]: пат. 55402 Україна, МПК (2009), В21J 5/00 / *Кухар В. В., Почупей В. М., Диамантопуло К. К., Диамантопуло Ю. К.* (Україна); Заявник та патентовласник Приазовський державний технічний університет. – № u201007561; заявл. 17.06.2010; опубл. 10.12.2010, Бюл. № 23. – 2 с. **22.** *Полухин П. И.* Сопротивление пластической деформации металлов и сплавов: справочник / *П. И. Полухин, Г. Я. Гун, А. М. Галкин*. – М.: Металлургия, 1983. – 352 с. **23.** *Колмогоров В. Л.* Пластичность и разрушение / *В. Л. Колмогоров и др.* – Под ред. *В. Л. Колмогорова*. – М.: Металлургия, 1977. – 336 с. **24.** *Огородников В. А.* Деформируемость и разрушение металлов при пластическом формоизменении / *В. А. Огородников*. – К.: УМК ВО, 1989. – 152 с.

**УДК 621.787.4-977**

**А.С.АНИЩЕНКО**, канд. тех. наук, доцент, ГВУЗ «ПГТУ», Мариуполь  
**С.Б.КАРГИН**, аспирант, ГВУЗ «ПГТУ», Мариуполь

## **СОВЕРШЕСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ РАСКАТКИ КОЛЬЦЕВЫХ ТИТАНОВЫХ ПОКОВОК**

Усовершенствованы технологии резки заготовок из титанового сплава 5В, осадки и прошивки бандажей с соотношением высоты заготовок к диаметру, достигающим 3,3, двухпереходной раскатки бандажей на кольцераскатном стане. Приведены температурно-деформационные параметры формоизменения кольцевых поковок, обеспечивающие их высокие физико-механические свойства.

**Ключевые слова:** титановый сплав, осадка, прошивка, раскатка.

Вдосконалені технології різання заготовок з титанового сплаву 5В, осадки і прошивки бандажів зі співвідношенням висоти заготовок до діаметру, що досягає 3,3, двохперехідного розкочування бандажів на кільцеровозкочувальному стані. Наведені температурно-деформаційні параметри формозмінення кільцевих поковок, які забезпечують їх високі фізико-механічні властивості.

**Ключові слова:** титановий сплав, осадка, прошивка, розкочування.

Improved technology, cutting blanks of titanium alloy 5B, rainfall and flash tires with an aspect ratio of height to diameter billets, reaching 3.3, rolling bandages in two operations on Ring rolling machines. Shows the temperature-deformation parameters of forming ring forgings, providing them with high physical and mechanical properties.

**Keywords:** titanium alloy, precipitate, flash, reeling out.

**Постановка проблеми.** Большинство кольцевых поковок изготавливают методамиковки, штамповки или раскатки. Кованые поковки с цилиндрической боковой поверхностью характеризуются большим расходом металла на припуски и напуски. Кольцевые поковки, штампованные на прессах или деформированные на раскатных машинах, могут иметь профилированную поверхность, более близки к форме готовых изделий, но ограничены по габаритам.

Использование в качестве исходного материала  $(\alpha+\beta)$ -титановых сплавов усложняет технологию поковок из-за необходимости деформирования в узком диапазоне температур  $(\alpha+\beta)$ -области, строгой регламентации деформационно-скоростных условий формоизменения по переходам и высокой чувствительности физико-механических свойств титановых сплавов к вышеназванным параметрам деформирования.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Одной из оптимальных технологий кольцевых титановых поковок является их горячая раскатка на кольцераскатных станах полузакрытого типа [1], позволяющих осуществлять радиальную и высотную деформацию с циклическим приложением нагрузки и программируемым регулированием температурно-скоростных и деформационных режимов.

Режимы горячей раскатки конструкционных сталей на кольцераскатных станах предоставляются фирмой-изготовителем. Параметры кольцераскатки титановых сплавов в литературе практически отсутствуют.

**Цель статьи** – разработка комплексной технологии кольцераскатки титановых поковок, обеспечивающей точность их размеров и высокий уровень эксплуатационных свойств.

**Изложение основного материала.** В качестве исходного материала поковок использовали  $(\alpha+\beta)$ -титановый сплав 5В системы  $Ti-Al-V$  [2]. Сплав обладает повышенными прочностными свойствами, коррозионной стойкостью, низкой технологичностью и используется в корпусных конструкциях судостроения. Поковки ковали из слитков вакуумного дугового переплава и обдирали поверхность до полного удаления поверхностного дефектного слоя.

Комплекс кольцераскатки состоял из стана RAW 315/260 – 2000/400S, 5 кольцевых и камерных печей, 4 гусеничных манипуляторов «Andromat» и гидропресса модели PStPÖ1Z-4000 усилием 40 МН [3].

Гидропресс обеспечивал точную центровку осей заготовки и главного гидроцилиндра за счет центрирующего устройства, расположенного между колоннами пресса. В результате при осадке устранялась вероятность продольного изгиба для заготовок с соотношением высоты к диаметру  $H_0/D_0 \leq 3,3$ . Однако при этом неперпендикулярность торцов относительно оси заготовок должна была быть в пределах  $\leq 0,5^0$  на 100 мм длины.

Пресс также был снабжен специальным поворотным рукавом, который подводил и центрировал прошивень относительно оси заготовки. Вследствие этого в бандажах после прошивки снижалась неравномерность толщины стенок, что обеспечивало при раскатке точность размеров колец.

Процесс прошивки на прессе характеризовался большей производительностью ввиду наличия на третьей позиции подвижного стола пресса сквозного отверстия. Заготовка, прошитая на первой позиции стола, приподнималась центрирующим устройством, устанавливалась без кантования на третью позицию и прижималась подвижным прижимом. После этого пробивочный пуансон, функционирующий в паре с прижимом, пробивал «выдру», которая через отверстие падала на ленточный конвейер. Толщина «выдры» составляла 20 мм независимо от размеров заготовки, что значительно меньше рекомендуемых расчетных величин [4]. Экономия дорогостоящего титанового сплава компенсирует затраты, связанные с вынужденной заменой материала прошивней: вместо стали 5ХНМ – более прочная сталь ДИ-23.

Экспериментально-промышленным путем была создана следующая технология кольцевых поковок из сплава 5В.

1. Резка исходных титановых поковок диаметром 450-600 мм на токарных станках до диаметра 300 мм (для обеспечения требуемой неперпендикулярности торцов), далее – на дисковых пилах.

2. Обдирка поверхности заготовок на глубину не менее 10 мм с обеспечением шероховатости не ниже  $\sqrt{R_z 40}$ .

3. Нагрев заготовок в кольцевой печи до  $1100^{-20} 0^{\circ}\text{C}$  в течение 150-240 мин. Заготовки сажают в печь на подставки из огнеупорного кирпича, выложенные на поду печи, чтобы исключить контакт титанового сплава с железной окалиной, могущий привести к взрыву.

4. Осадка нагретых поковок со степенью деформации 10-75%. Гидропресс с центрирующим заготовку устройством позволял осадку с  $H_0/D_0 \leq 3,3$ , т.е. со степенью деформации, близкой к верхнему пределу, что улучшало структуру металла и формировало в нем благоприятную текстуру перед раскаткой. Оптимальная высота осаженой и прошитой заготовки была на 30-80 мм больше высоты раскатанного кольца.

5. Нагрев или подогрев бандажей с толщиной стенки 50-250 мм после прошивки в нагревательной печи раскатного стана до  $980-1000^0 \text{C}$  в течение 30-100 мин.

6. Раскатка кольцевых поковок с толщиной стенки менее 100 мм в два перехода с двух нагревов. На первом переходе бандаж раскатывали на толщину стенки 200 мм, после чего металл подогревали до  $1000^0 \text{C}$  и раскатывали на

готовый размер. Величина суммарной степени деформации стенки на окончательной стадии раскатки была не более 60%. Температура конца раскатки - не менее 850<sup>0</sup> С. Соотношение радиальной и высотной деформации кольцевых поковок выбирали таким, чтобы их поперечные сечения вплоть до последних стадий раскатки имели форму, подобную форме исходного сечения бандажей.

При раскатке колец из сплава 5В особые сложности возникли с обеспечением требуемого уровня коррозионно-усталостной прочности в кольцевых поковках, которая определялась по пределу выносливости образцов при растяжении и сжатии в морской воде с симметричным циклом нагружения (число циклов – 10<sup>7</sup>). Циклическую нагрузку прикладывали к плоскостям образцов, перпендикулярным радиусу и касательным к боковой поверхности кольцевых поковок. Фиксируемые пределы выносливости (соответственно  $\sigma_{-1R}$  и  $\sigma_{-1H}$ ) заметно отличались друг от друга из-за сильно развитой текстуры деформации в кольцах при однопереходной раскатке или формоизменении в неоптимальных температурно-деформационных режимах.

Была разработана технология, позволившая до минимума снизить текстуру деформации в кольцах и тем самым в значительной мере устранить различия в значениях  $\sigma_{-1R}$  и  $\sigma_{-1H}$ . Для этого осадку и прошивку заготовок проводили при температуре на 30-80<sup>0</sup> ниже температуры ( $\alpha+\beta$ )–превращения сплава 5В (1040<sup>0</sup> С) с коэффициентом укова  $K_n = 1,75-3,60$  ( $K_n = H_o / H_k$ , где  $H_o$  и  $H_k$  – начальная и конечная высота заготовки при осадке). При последующей раскатке в два перехода бандажи нагревали до 940-980<sup>0</sup> С и раскатывали с соотношением коэффициентов обжатия в пределах  $K_{p1} / K_{p2} = 1,2 - 0,8$  ( $K_p = F_1 / F_2$ , где  $F_1$  и  $F_2$  – площади поперечного сечения кольца до и после раскатки на соответствующем переходе). Формоизменение колец в таких условиях обеспечивает взаимную компенсацию влияния текстур осадки и раскатки на анизотропию предела выносливости сплава 5В.

Технико-экономический анализ показывает, что изготовленные на кольцераскатном комплексе поковки с цилиндрической и профильной боковой поверхностью в сравнении с поковками, кованными на прессах, имеют в 2 раза меньшие припуски, на 20-30% меньше норму расхода металла, лучшую микроструктуру. На рис.1 представлены сечения кольцевой детали и поковок, изготовленных раскаткой на стане и ковкой на прессе.

Существенный недостаток технологии – высокая стоимость кольцераскатного комплекса. Приведенные затраты на единицу продукции при раскатке цилиндрических колец малого диаметра, а также крупногабаритных поковок из рядовых марок сталей превышают аналогичные затраты при ковке кольцевых поковок на прессах, если годовой выпуск поковок менее 500 штук (изменение служебных свойств в приведенных затратах не учитывается).

Практика показывает, что областью эффективного использования комплекса является производство сложнопрофильных или крупногабаритных колец из коррозионнстойких и жаропрочных сталей, титановых медных и никелевых сплавов с серийностью свыше полутысячи штук поковок в год.

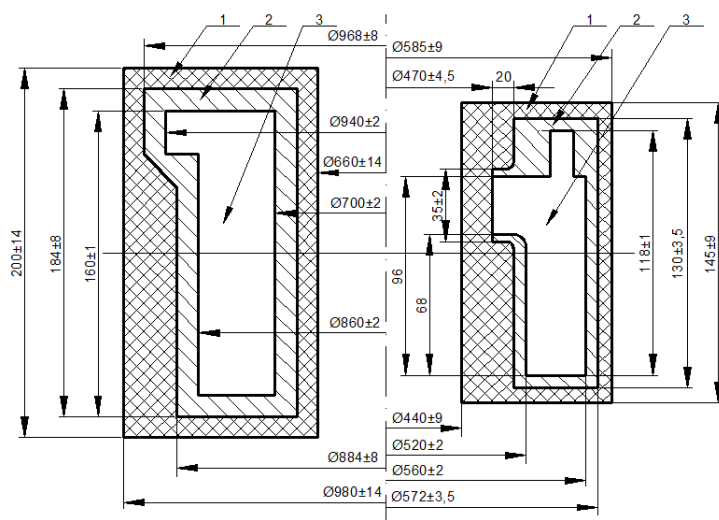


Рис.1. Сечения кольцевых деталей и поковок из сплава 5В (слева) и стали 45: 1, 2 – поковки, кованые на прессе и раскатанные на стане; 3 – детали.

**Выводы.** Разработана технология изготовления кольцевых поковок из титанового сплава 5В, позволяющая за счет осадки и прошивки аномально высоких заготовок с большим коэффициентом укова и двухпереходной раскатки бандажей с примерно равными коэффициентами обжатия по переходам обеспечить высокую точность размеров поковок и уровень их физико-механических свойств.

**Список литературы:** 1. Кольцепрокатные станы «Wagner Banning» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.sms-meer.com/> 2. Аубакирова Р.К. Сверхпластичность некоторых титановых сплавов [Текст] / Р.К.Аубакирова, А.А.Пресняков, С.С.Ушков, А.Н.Байдельдинова.- Алма-Ата : Наука, 1987.- 212 с. 3. Анищенко А.С. Горячая раскатка точных кольцевых поковок [Текст] / А.С.Анищенко, Ю.В.Феофанов, А.Б.Богун.- Химическое и нефтяное машиностроение, 1992, №11.- С.33-35. 4. Соколов Л.М. Технология кування: посібник для самостійної роботи студентів [Текст] / Л.М.Соколов, І.С.Алієв, О.Є.Марков, Л.І.Алієва. – Краматорськ : ДДМА, 2010.- 300 с.

Поступила в редколлегию 26. 10. 2011.

УДК 621.777.4

**АЛИЕВА Л. И.**, канд. техн. наук, доц., ДГМА, Краматорск  
**МАРТЫНОВ С. В.**, ассистент ДГМА, Краматорск  
**АКИМЕНКО И. К.**, студентка ДГМА, Краматорск

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ СИЛОВЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРИ ВЫСАДКЕ ВНУТРЕННИХ ФЛАНЦЕВ

Енергетичним методом отримані розрахункові залежності приведеного тиску деформування і тиску на внутрішній стінці матриці при висадці внутрішніх фланців з трубчастої заготовки. Встановлено вплив висоти фланця, внутрішнього радіуса фланця, радіуса оправки і тертя на силові параметри процесу формоутворення втулок із внутрішнім фланцем. Проведено скінчено-елементне моделювання силового режиму висадки фланця в пакеті QForm. Перевищення розрахункових даних над експериментальними склало для енергетичного методу 8%, для методу скінчених елементів 5%.