

УДК 621.73

Ефимов М. В.
Панов В. В.
Станков Ю. Н.
Явтушенко П. М.
Гуныко М. И.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ОБЕЧАЕК ПАРОГЕНЕРАТОРОВ АЭС

Одной из основных номенклатур выпускаемой продукции ПАО «ЭМСС» являются заготовки для атомной промышленности, такие как поковки корпуса реактора, парогенератора, главного циркуляционного насоса, компенсатора давления.

Высокие требования заказчиков к заготовкам для атомных электростанций (АЭС) [1] привели ПАО «ЭМСС» к необходимости улучшить свои производственные возможности, начиная от выплавки стали [2–3] и вплоть до чистовой механообработки, используя современные технологические процессы. Это позволило ПАО «ЭМСС» занять ведущее место среди поставщиков заготовок для атомных станций на постсоветском пространстве.

Наряду с повышением качества выпускаемой продукции, очень важным является повышение уровня конкурентоспособности и снижение себестоимости, что можно достигнуть за счет минимизации затрат при производстве поковок.

Целью данной работы является совершенствование технологического процессаковки крупногабаритных поковок типа «обечайка», направленное на повышение качества и снижение себестоимости продукции в условиях роста конкуренции среди производителей крупных прессовых поковок за счет ввода в эксплуатацию новых автоматических ковочных комплексов на базе гидравлических прессов усилием 100–150 МН (10000–15000 тс).

Технологическая схема производства крупного кузнечного слитка в электросталеплавильном цехе ПАО «Энергомашспецсталь» включала в себя выплавку углеродистого полупродукта в дуговых сталеплавильных печах ДСП-50т и ДСП-100т, где производилась глубокая дефосфорация металла. После достижения массовой доли фосфора не более 0,004 %, окислительный шлак удалялся при помощи гребков. На выпуске металл раскисляли присадками алюминия и введением ТШС, после чего сталеразливочный ковш передавался на внепечную обработку.

Комплекс внепечной обработки представлен установкой «ковш-печь» и камерным вакууматором производства ПАО «НКМЗ». Высокая скорость десульфурации обеспечивается низкой окисленностью расплава, начиная с первых минут обработки. Как известно, коэффициент распределения серы резко возрастает при активности кислорода в стали менее 15 ppm. Для контроля данного параметра производили измерение содержания активного кислорода при помощи зонда «CELOX» производства фирмы «Heraeus Electro Nite» и при необходимости дополнительно присаживали кусковой алюминий либо алюминий в виде проволоки на 0,020–0,030 %.

Скорость и степень десульфурации расплава возрастает при увеличении интенсивности продувки аргоном через щелевые пробки. С этой целью в сталеразливочных ковшах применялись пробки с повышенной пропускной способностью производства ОАО «УкрНИИО им А. С. Бережного». После доводки до заданных химического состава и температуры сталеразливочный ковш с металлом передавался для вакуумирования. Для обеспечения удовлетворительной дегазации перед постановкой на вакууматор рафинировочный шлак частично удаляли на специальном стенде.

Общеизвестно негативное влияние водорода, проявлением которого являются флокены. Основной задачей, решаемой в процессе вакуумной обработки, является удаление водорода до безопасных концентраций 0,5–1 ppm. Кроме этого, вакуумная обработка позволяет

проводить глубокую десульфурацию с обеспечением до 0,002 % конечного содержания серы с целью минимизации внецентровой ликвации, возникающей при кристаллизации слитка. По окончании вакуумной обработки перед передачей на разливку проводили очистительную продувку металла в течение не менее 5 минут при расходе аргона 0,2–0,3 м³/ч.

Заливка слитка производилась сверху в вакууме при разрежении менее 1,5 мбарр через стопорный промежуточный ковш с муллитокорундовой футеровкой. Использовались корундовые ковшевые стаканы диаметром 50 мм, при этом скорость заливки составляла 4,5... 5,5 т/мин. Процесс разливки контролировался через смотровые окна в крышке вакуумной камеры.

После разливки прибыльная часть слитка утеплялась присадками теплоизолирующих смесей в количестве 2 кг/т. После кристаллизации при температуре поверхности не менее 600 °С слиток передавался в кузнечно-прессовый цех для дальнейшего передела.

Для снижения кузнечных припусков применено математическое моделирование каждой технологической операцииковки (рис. 1) в программном комплексе QForm-2D/3D. В работе использовались 3D-модели требуемых слитков и технологического инструмента, применяемого в КПЦ для изготовления поковки «обечайка». Для максимального приближения метода конечных элементов (МКЭ), используемого программой QForm-2D/3D, к реальным значениям, предварительно были проведены многократные сравнительные исследования влияния размера единичной ячейки сетки МКЭ на точность получаемых энергосиловых характеристик процесса. Эти результаты сопоставлялись с фактическими данными записей автоматического ковочного комплекса. В результате таких исследований выявлен оптимальный размер сетки конечных элементов для крупнотоннажных слитков.

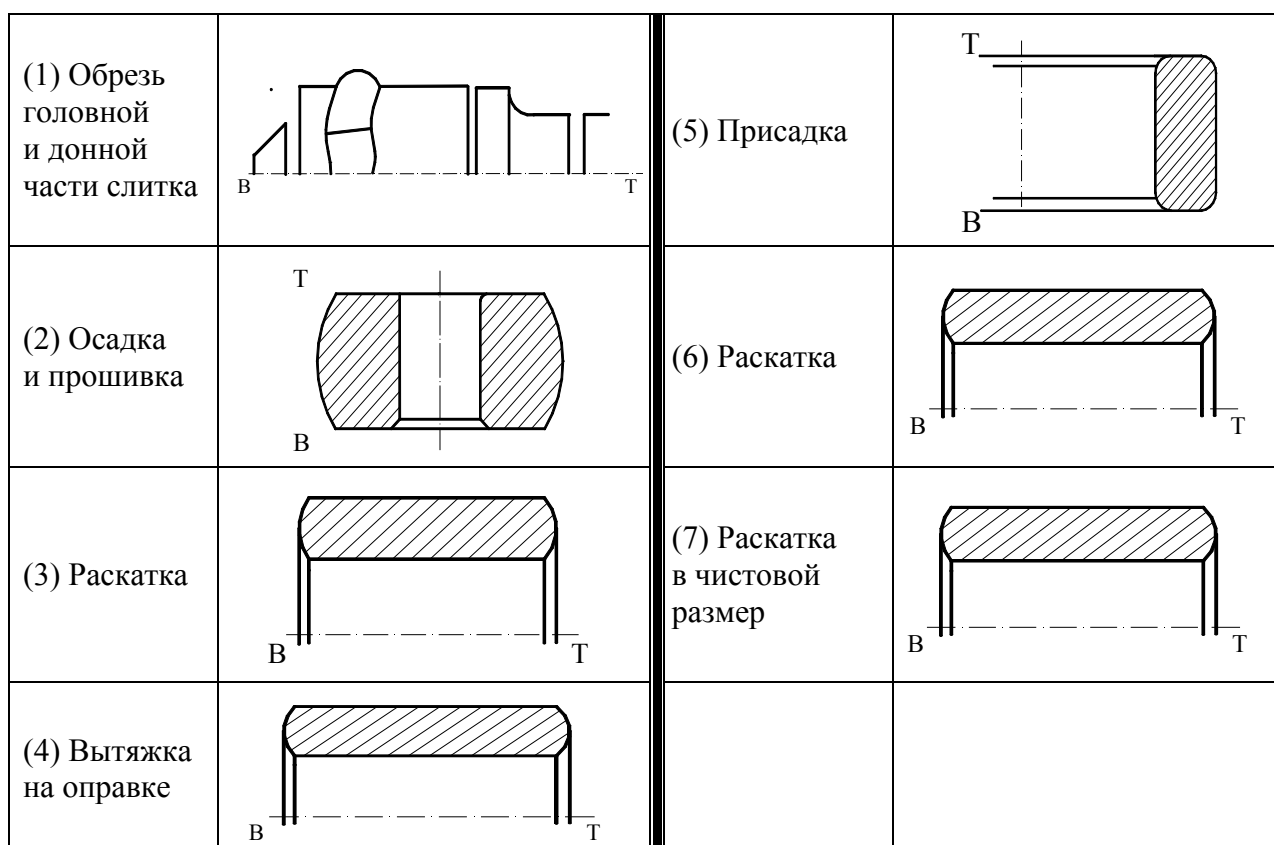


Рис. 1. Схематическое изображение процессаковки

В первом выносе из слитка был вырублен блок. Прибыльная и донная части слитка удалены с расчетом обеспечения бездефектности заготовки. Во втором выносе слиток подвергся осадке и прошивке. В последующих выносах заготовка обечайки подвергалась вытяжке на оправке, присадке и раскатке в поковочные размеры.

При выполнении моделирования каждой ковочной операции особое внимание уделялось напряженно-деформированному состоянию металла поковки с целью минимизации влияния растягивающих напряжений и равномерному распределению степени накопленной деформации по всему объему заготовки, т. к. для гарантированного обеспечения механических свойств в термическом производстве на стадииковки необходимо обеспечить мелкозернистую структуру стали.

Так, при изготовлении обечайки парогенератора исходная масса поковки составляла 111 т, масса слитка – 173 тн (рис. 2). Разработанные мероприятия в сталеплавильном и кузнечно-термическом переделах позволили уменьшить массу исходного слитка до 152 т и массу поковки до 92 т (рис. 3).

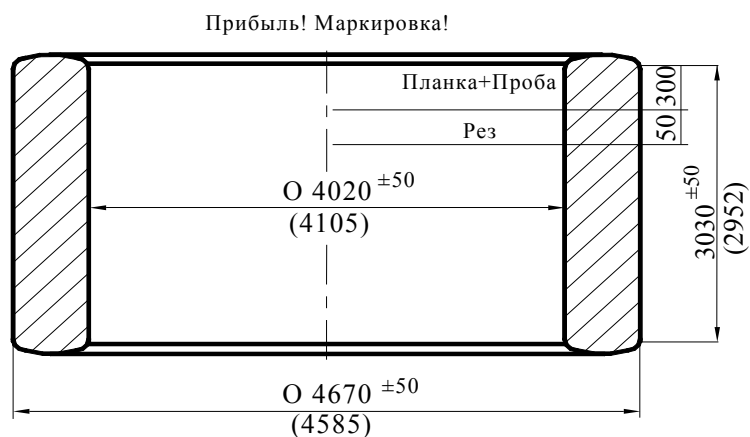


Рис. 2. Эскиз поковки существовавшего технологического процесса ($Q_{пок} = 111,0$ т, $Q_{сл} = 173,0$ т)

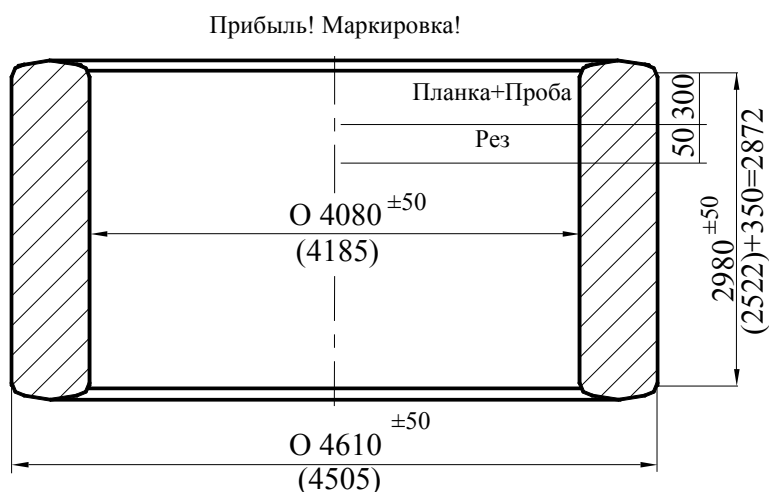


Рис. 3. Эскиз поковки после оптимизации технологического процесса ($Q_{пок} = 92,0$ т, $Q_{сл} = 152,0$ т)

Послековки заготовка обечайки охлаждается до температуры 450–500 °С, что позволяет минимизировать поводки при транспортировке поковки распорными клещами на предварительную термообработку.

Окончательная термообработка выполняется в термическом цехе с использованием термических печей с выкатным подом и водяного закалочного бака. Для минимизирования термических припусков были выполнены расчеты температурных полей слитков и смоделированы деформации заготовок в процессе термообработки.

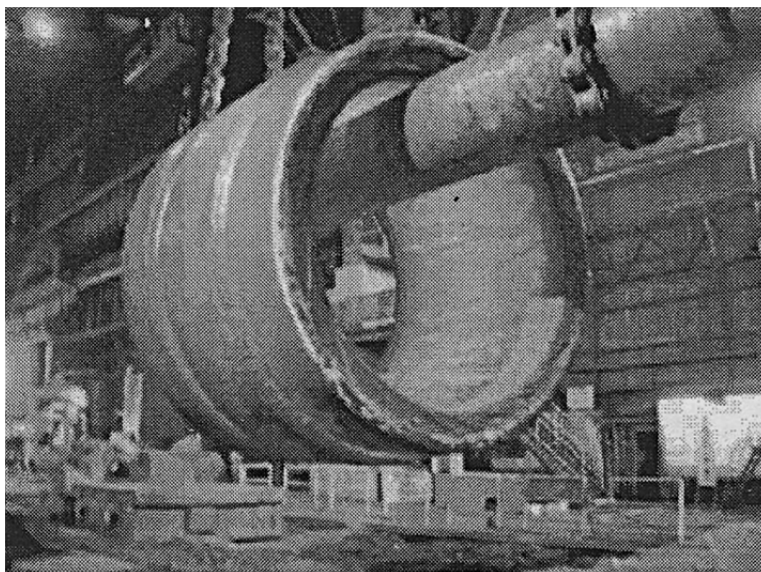


Рис. 4. Внешний вид поковки

За 2011 г. из слитка 152 т отковано более 30 обечаек. Обечайки после окончательной термообработки и механообработки были подвергнуты УЗК и прошли испытания механических свойств на отобранных образцах с заключением о соответствии требованиям технических условий на поставку продукции для АЭС.

ВЫВОДЫ

На ПАО «ЭМСС» разработаны и внедрены технологии получения слитков,ковки и термообработки крупнотоннажных изделий типа «обечайка» для атомной энергетики. В результате проведенной работы достигнуто существенное снижение веса поковки со 111 т до 92 т, а, соответственно, и слитка с 173 т до 152 т.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Исследование и совершенствование технологий производства с целью повышения ресурса стальных изделий из крупных поволоков ответственного назначения / В. А. Дурьнин, Ю. П. Солнцев. – Санкт-Петербург : Химиздат, 2006. – 271 с.*
2. *Производство стали на агрегате ковши-печь / Д. А. Дюдкин, С. Ю. Бать, С. Е. Гринберг, С. Н. Маринцев. – Донецк : Юго-Восток, 2003. – 62 с.*
3. *Совершенствование технологии внепечной обработки стали в ЭСПЦ ЗАО «ММЗ Истил (Украина)» / Фарук Сиддики, А. В. Кодак, Г. И. Касьян, П. М. Явтушенко, Н. И. Попик // Металл и литье Украины. – 2006. – № 1. – 19 с.*

- Ефимов М. В. – ген. директор ПАО «ЭМСС»;
Панов В. В. – нач. техн. управления ПАО «ЭМСС»;
Станков Ю. Н. – зам. нач. техн. управления ПАО «ЭМСС»;
Явтушенко П. М. – начальник тех. отдела ПАО «ЭМСС»;
Гулько М. И. – вед. инженер-исследователь ЦЗЛ ПАО «ЭМСС».

ПАО «ЭМСС» – Публичное акционерное общество «Энергомашспецсталь», г. Краматорск.

E-mail: lei@emss.dn.ua

Статья поступила в редакцию 01.02.2012 г.