

# **НОВОЕ В ТЕХНОЛОГИИ ГОРЯЧЕГО ПРЕССОВАНИЯ ТРУБ С ПЛАКИРОВАННОЙ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ**

**Козий С. С., Козий С. И., Павленко Ю. И.**

*Самарский государственный аэрокосмический университет  
443086, Самара, Московское шоссе, 34, САМЕКО*

**АННОТАЦИЯ.** Предлагается технологический процесс увеличения срока службы труб с плакированной, например, внутренней рабочей поверхностью.

В настоящее время весьма актуальной проблемой является увеличение срока службы различных трубопроводов, широко использующихся в таких отраслях промышленности: нефтедобывающей и нефтеперерабатывающей, химической, судостроении и в аэрокосмической технике. Например, плакированные алюминием трубы увеличивают срок службы трубопроводов не менее чем в 10 раз, а в ряде случаев могут заменить трубы из меди и высоколегированных сталей.

Как показано в работах [1], [2], [3] и др. получение плакированных изделий связано со следующими недостатками:

1) неравномерность плакирующего слоя как по периметру трубы, так и по ее длине;

2) возможность непровара, когда из-за наличия воздуха в микрообъемах пограничного слоя нет контакта между плакируемым и плакирующим материалами;

3) низкий коэффициент использования материала, что существенно удорожает промышленную продукцию.

С нашей точки зрения данные недостатки имеют основную первопричину - не формируют условия качественной сварки плакирующего и плакируемого металлов на этапе сборки составного слитка и при его горячем прессовании.

Согласно [4] формирование твердофазного соединения на основе термодинамических гипотез связано с реализацией следующих трех этапов:

- формирование физического контакта, сближение активирующих поверхностей на расстояние, при котором возникает их физическое или химическое взаимодействие;
- активация контактирующих поверхностей, т. е. образование свободных связей атомов соединяемых поверхностей и протекание процесса соединения;
- взаимодействие соединяемых материалов, которое заканчивается релаксацией напряжений в объеме соединяемых материалов.

Все известные способы сварки в твердой фазе и технологические приемы каждого способа направлены на то, чтобы хотя бы в ограниченных пределах обеспечить эти условия.

Реальные поверхности, какими бы они не были гладкими, имеют неровности и шероховатости. Поэтому, как показано в работе [5], чтобы получить полный физический контакт между такими поверхностями, необходимо эти поверхности нагрузить давлением  $p = (6-8)\sigma_{0,2}$ , чтобы практически все микронеровности подверглись пластической деформации и взаимно заполняли все микропоры на свариваемых поверхностях.

Из вышесказанного следует, что сборка составного слитка является наиважнейшей операцией.

В литературе подробно изложены следующие способы сборки [1, 2, 3, 6]. Они имеют основной недостаток - окисные пленки на поверхности заготовки из плакируемого материала не разрушаются, следовательно нет контакта между плакирующей и плакируемой заготовками.

Таким образом, цель настоящей работы состоит в разработке техпроцесса сборки составных заготовок для получения труб с плакированной рабочей поверхностью методом горячего прессования.

Для формирования качественного твердофазного соединения на этапе сборки составных слитков нами предложено:

1) совместить процесс сборки составного слитка с процессом подготовки контактирующих поверхностей заготовок (формирование утолщения из материала плакирующей заготовки, обращенного в сторону контактной поверхности);

- 2) обеспечить нормальное давление на контактной поверхности заготовок посредством локальной раздачи заготовки из плакируемого материала в процессе пластического сжатия заготовки из плакирующего материала;
- 3) осуществить разогрев очага деформации в процессе сдвига в условиях активных и пассивных сил трения на контактной поверхности;
- 4) выполнить составные заготовки предварительно напряженными.

Рассмотрим более подробно операции разрабатываемого техпроцесса сборки составных заготовок.

В настоящей работе при описании техпроцесса сборки для краткости изложения заготовку из плакирующего материала обозначим втулкой, а заготовку из плакируемого материала - слитком.

Втулку размещают в слитке в пределах ее длины [7], между ними существует односторонний зазор.

Для ограничения деформации втулки вовнутрь, в нее устанавливают с односторонним зазором ступенчатый стержень, а для ограничения деформации втулки во внешнюю сторону на ее боковую поверхность с односторонним зазором размещают стальную обойму. На рабочей поверхности стальной обоймы выполнено кольцевое углубление. Объем части металла втулки, находящийся внутри слитка, должен превышать объем металла этой же втулки, предназначенный для выборки односторонних зазоров и заполнения кольцевого углубления.

В отверстие слитка устанавливают втулочный пuhanсон.

Далее к торцу втулочного пuhanсона прикладывают усилие, вызывая его перемещение в осевом направлении и осадку втулки. При этом первоначально происходит выборка односторонних зазоров и заполнение кольцевого углубления. На контактной поверхности в паре "втулка - стальная обойма" возникает давление  $p_1$ , а в паре втулка - слиток - давление  $p_2$ .

Осьное давление сжатия должно создать давление  $p_2$ , способное вызвать затекание металла втулки в зазор между

ду слитком и пуансоном, а также обеспечить раздачу слитка на некоторой длине. В результате формируется очаг деформации втулки.

Таким образом, образовалась неразъемная система: втулка, слиток, ступенчатый стержень, стальная обойма и втулочный пуансон. Далее эту систему размещают на стальном цилиндре, длина которого превышает длину слитка.

Приложении усилия к торцу слитка оно вызывает перемещение в осевом направлении слитка и обоймы. При этом на контактной поверхности пары "втулка - обойма" возникает касательное напряжение  $\tau_1$ , в утолщении -  $\tau_2$ , в паре "втулка - слиток" -  $\tau_3$  ( $\tau_1 = \tau_2 = \tau_3 = \tau_{cd} = \sigma_{0,2}/2$  - касательное напряжение на сдвиг материала втулки).

По мере перемещения слитка затрачивается работа по пластическому деформированию поверхностных слоев, что приводит к разогреву металла втулки. Тепловыделение будет также иметь место при сдвиге утолщения на контактной поверхности "втулка - слиток" и "слиток - втулочный пуансон". С увеличением перемещения температура возрастает и ювелирные поверхности втулки и слитка будут контактировать, используются активные силы трения.

После того, как слиток переместится на длину равную длине цилиндра, осуществляется перемещение втулки усилием, которое прикладывается к торцу цилиндра. В результате этого на контактной поверхности возникают касательные напряжения сдвига противоположного знака.

При освобождении составной заготовки от технологической оснастки имеет место ее упругая разгрузка в радиальном направлении. Толщина втулки увеличится, а напряжения упадут до величины  $p^*$ . Таким образом, имеем предварительно напряженную составную заготовку, на контактной поверхности которой сопряжены чистые (ювелирные) поверхности и имеет место радиальное давление  $p^*$ .

Нагрев такой составной заготовки перед прессованием приводит к третьей стадии образования твердофазного соединения (объемное взаимодействие) [4].

Технологический процесс горячего прессования имеет отличительные особенности только на стадии распрессовки

составной заготовки, когда деформирующее усилие прикладывается только к заготовке из плакируемого материала (основе). В результате пластическое деформирование составной заготовки предполагает две стадии: прессование монометалла (плакируемого материала) и прессование биметалла (плакируемый материал + плакирующий). Такая последовательность предотвращает истечение плакирующего материала относительно плакируемого и обеспечивает однородность напряженно-деформированного состояния по толщине составной заготовки.

Опытно-промышленная проверка разработанного способа проводилась в трубном цехе АО САМЕКО. При проведении экспериментов по сборке применялись следующие заготовки:

- из плакирующего технически чистого алюминия марки АД 1 с внешним диаметром 65 мм; внутренним диаметром 55 мм; длиной 100 мм, полученная нарезкой отпрессованной трубы на мерные длины.

- из плакируемого материала, полученная литьем из алюминиевого сплава Д 16 с внешним диаметром 165 мм; внутренним диаметром 65,5 мм, длиной 100 мм.

Технологическая оснастка изготовлена по 7 квалитету точности из стали У8 и 5ХНМ твердостью  $HRC_{(У8)} = 56$  и  $HRC_{(5ХНМ)} = 45$ .

Процесс сборки составных заготовок осуществляется на прессе ПСУ-250 (максимальное усилие пресса 2,5 МН) по вышеописанной схеме.

В результате были получены предварительно напряженные составные слитки с давлением на контактной поверхности  $p = 160$  МПа (со стержнем).

Были проведены микроструктурные исследования составной заготовки (исследования проводились в ЦЗЛ САМЕКО) [8]. Качество сварки плакирующего и плакируемого материалов можно считать удовлетворительным.

В соответствии с ТИ 04-001-92 АО САМЕКО нагрев составных заготовок проводился в индукционной печи ИН-41. Режим нагрева слитков и контейнера при прессовании 380 - 460°C. Предельно допустимая температура нагрева слитков 500°C.

Нагрев составных заготовок способствует протеканию диффузионных процессов, так как на этапе сборки образовалось сварное соединение.

Для получения плакированных труб использовался пресс, имеющий усилие 1500 тс (15 МН). Прессование проводилось со смазкой иглы без смазки контейнера. На иглу наносилась смесь цилиндрового масла 52 (вапор Т) с графитом в объемном соотношении - 75-90 % и 10-25 % графита.

Отпрессованные трубы имели следующие размеры: 53x4,5x6000 мм с коэффициентом плакирования 7,5%, толщина плакировки - 0,39 мм.

Микроструктурный и рентгеноспектральный анализы показали, что качество приварки плакирующего слоя удовлетворительное, несплошностей не обнаружено [9].

Разработанный техпроцесс может быть применен как для внутреннего, так и для внешнего и комбинированного плакирования.

В настоящее время основная проблема состоит в создании барьерной защиты для предотвращения обеднения материала основы легирующими элементами в процессе нагрева под прессование и термической обработки.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Чепурко М.И. и др. Биметаллические трубы. - М: Металлургия, 1974, 224 с
2. Кобелев А.Г. и др. Технология слоистых металлов. - М: Металлургия, 1991, 248 с.
3. Король В.К., Гильденгорн М.С. Основы технологии производства многослойных металлов. - М: Металлургия, 1970, 236 с.
4. Шоршоров М. Х., Алексин В. П и др. Клинопрессовая сварка давлением разнородных металлов. - М: Металлургия, 1982, 112с.
5. Кочегарин К.А. Сварка давлением. Ленинград: Машиностроение, 1972, 216 с
6. Астров И.Е. Плакированные многослойные металлы. - М: Металлургия, 1985, 239 с
7. А. с. 96100597 / 02 от 10.01.96. Козий С. И., Павленко Ю. И.